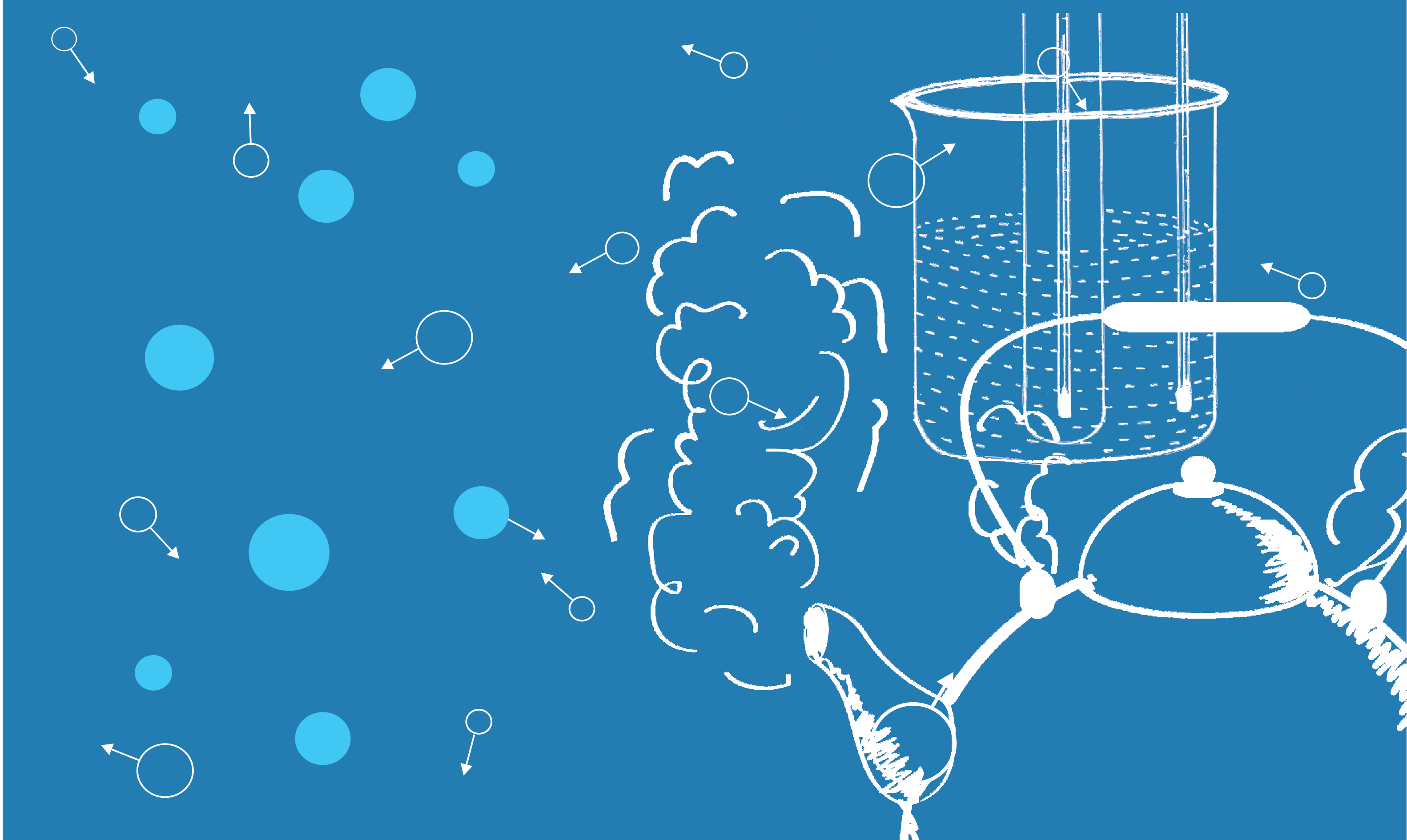


ઉષ્મા અને તાપમાન

ઉચ્ચતર પ્રાથમિક શાળા માટેનું મોડ્યુલ
"પ્રવૃત્તિ કરતાં કરતાં શીખવું"

एकलव्य

આર્ચ

ઉષ્મા અને તાપમાન

ઉચ્ચતર પ્રાથમિક શાળા માટેનું મોડ્યુલ
‘‘પ્રવૃત્તિ કરતાં કરતાં શીખવું’’

ભાસ બાપટ

અને એકલવ્ય ટીમ

एकलव्य   આર્ચ

લખાણ : ભાસ બાપટ, ઉમા સુધીર, સુશીલ જોશી, કમલ મહેંદ્રુ,
રમા ચારી, ઊર્જિત યાજનીક
ચિત્રો : ભરત જમરા, નિશીથ મહેતા, બૉસ્કી જૈન અને ભાસ બાપટ
કવર ડિઝાઈન : બૉસ્કી જૈન

Gujarati translation of the book Heat & Temperature
Published in English by Eklavya
ગુજરાતી અનુવાદ અને શુદ્ધિકરણ : વિનાયક દવે, ડો. દિવ્યેશ પટેલ, સ્વાતિ દેસાઈ

એકલવ્ય 2013

પ્રવિણ મિલેનિયમ ટ્રસ્ટ-લંડનના સૌજન્ય અને સહકારથી

આવૃત્તિ : જૂન, 2021 / 500 પ્રત
પેપર : 100 gsm મેપલિથો અને 300 gsm એફ.બી.બોર્ડ (કવર)
સહયોગ રાશિ : 150/-

પ્રકાશક
આર્ચ-નગારીયા
ધરમપુર, વલસાડ-396050
E-mail : arch.dharampur@gmail.com

મૂળ પ્રકાશક : એકલવ્ય
જમનાલાલ બજાજ પરીસર,
ફોર્ચ્યુન કસ્તુરી પાસે, જાતખેડી,
ભોપાલ (મધ્યપ્રદેશ)-462 026 (India)
www.eklavya.in books@eklavya.in

મુદ્રક : ઋત્વા પંડ્યા, અમદાવાદ, મો. 9898331531

અનુક્રમણિકા

પ્રસ્તાવના

માધ્યમિક શાળાના અંત સુધીમાં ઉષ્મા અને તાપમાન વિષયમાં આવતા પાઠોનો સમાવેશ આ મોડ્યુલમાં કરવામાં આવ્યો છે. મુખ્યત્વે શિક્ષકોને ધ્યાનમાં રાખીને આ મોડ્યુલ બનાવામાં આવ્યું છે, પરંતુ વિદ્યાર્થીઓ પણ આમાંની ઘણીખરી વાતો સમજી શકશે.

શરૂઆતમાં, ઉષ્માના સામાન્ય અનુભવની અસરો અને ઉષ્માના પ્રસરણ અંગે ચર્ચા કરેલી છે. એ પછી ઉષ્મા અને કાર્યની સમકક્ષતા વિષે વાત કરી છે અને તેના જ સ્વાભાવિક વિસ્તરણ તરીકે દબાણ અને વાયુના પ્રસરણ સંબંધે વાત કરી છે. ત્યારબાદ ઉષ્મા પેદા થવાના કારણો અને તાપમાન અંગેના પ્રશ્નોને લીધા છે. તેમાંથી ઉષ્મા અને તાપમાનની ગતિઊર્જાના સિદ્ધાંત સુધી વાતને લઈ ગયા છીએ. આ પછી વાયુ (ગૅસ)ના સંદર્ભમાં સિદ્ધાંતના વ્યવાહારિક ઉપયોગની ચર્ચા કરી છે. છેલ્લે, અમે ઉષ્મા આધારિત સાધનોની ટૂંકમાં ચર્ચા કરી છે, જેનો રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગ થાય છે.

જ્યાં-જ્યાં શક્ય હોય ત્યાં પ્રવૃત્તિ દ્વારા શીખવા પર ભાર મૂક્યો છે. જો કે ભૌતિકવિજ્ઞાન અવલોકન આધારિત અમૂર્ત ધારણાઓની અપેક્ષા રાખે જ છે એ વાત ધ્યાનમાં રાખવી જોઈએ. કેમકે છેવટે કુદરતમાં બનતી ઘટનાઓ સમજવા માટેના મોડેલ એને આધારે જ બનતા હોય છે. આ મોડ્યુલ આ અભિગમ સ્વીકારે છે અને એવો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો છે કે વાચક વર્ગખંડમાં કરવામાં આવતી પ્રવૃત્તિના આધારે જે અનુમાન તારવે તેનો સંબંધ ઉષ્માના આધુનિક સિદ્ધાંતો ખાસ કરીને દ્રવ્યની પ્રકૃતિ, કણની યદચ્છ ગતિ સાથે જોડી શકાય. જોકે આ એક માત્ર સંભવિત યોગ્ય અભિગમ ન હોઈ શકે, એટલે અમે એવો પ્રયત્ન કર્યો છે કે તે સ્વયંસ્પષ્ટ અને શિક્ષાશાસ્ત્રીય રીતે સાતત્યપૂર્ણ બને. ઉષ્મા અને દ્રવ્ય સંબંધી કેટલાક પ્રયોગો એવા સૂચવ્યા છે કે એને લીધે મોડ્યુલને ન્યાય આપી શકાય. અમને ખ્યાલ છે કે નાનાં-નાનાં અવલોકનોથી મોડલ તૈયાર કરવાનું કામ ખામીયુક્ત હોઈ શકે છે અને ઘણી જગ્યાએ અપૂરતો ન્યાય ધરાવતી છલાંગો પણ છે. જો કે જ્યાં આવું કર્યું છે ત્યાં સ્પષ્ટતાથી કહેલું પણ છે. સાચુ પૂછો તો વ્યાપક રીતે અમલમાં મૂકી શકાય એવું મોડલ તૈયાર કરવા માટે તારવેલા વૈવિધ્યપૂર્ણ ઘણાં અવલોકનોની જરૂર પડશે અને તે લાંબાગાળાની ગતિવિધિઓ દ્વારા મેળવવા જોઈએ, પરંતુ એ વર્ગખંડ શિક્ષણમાં વ્યવહારું નથી.

આ મોડ્યૂલમાં ઘણી પ્રવૃત્તિઓ એવી છે કે વર્ગખંડમાં કે શાળાઓની લેબોરેટરીમાં સહેલાઈથી થઈ શકે. એના માટે સાદા સાધનો અને સામગ્રીથી પણ આ પ્રવૃત્તિઓ થઈ શકે. અવલોકન સાથે જોડાયેલ પ્રશ્નોના જવાબો ઘણી વખત આપ્યા નથી અથવા વિચાર પ્રેરક સૂચનો આપેલા છે. ગૂંચવાડો કરે એવા ખ્યાલો (શબ્દો)થી દૂર રહેવાનો અમે સભાનતાપૂર્વક પ્રયત્ન કર્યો છે. અને ગૂંચવાડો કરે એવા શબ્દપ્રયોગોથી પણ દૂર રહેવા પ્રયત્ન કર્યો છે.

પ્રવૃત્તિ કરવા માટે આ મુજબ અભિગમ લેવો સારો પડશે. પ્રવૃત્તિ કરતા પહેલા તે અંગેનું વર્ણન બરાબર વાંચી લેવું. એમાં જ્યાં-જ્યાં પ્રશ્નો આપેલા છે ત્યાં-ત્યાં પ્રયોગના પરિણામો અંગે અંદાજ કે અનુમાન કરવાનો પ્રયત્ન કરવો જોઈએ. પ્રયોગના પરિણામ અંગે વર્ણનમાં ક્યાંય પ્રશ્ન રજૂ કરેલ હોય તો પ્રવૃત્તિ કરતા પહેલા એના વિશે બરાબર વિચાર કરવો. આ પછી પ્રવૃત્તિ કરવી અને અવલોકનો નોંધી લેવા. છેવટે તારણો કાઢવા અને પ્રશ્નોના જવાબ આપવા. આ અંગેની ગેરસમજૂતીઓ, ભ્રમણાઓ કે જે વિદ્યાર્થીઓ, શિક્ષકો કે નિષ્ણાત વ્યક્તિઓ પાસેના પ્રતિભાવોમાંથી મેળવેલા છે, તે મોડ્યુલના અંતે આપેલા છે.

અમે આશા રાખીએ છીએ કે આ મોડ્યુલ જે માર્ગે આગળ વધે છે તેની યોગ્ય કદર થશે.

શિક્ષક મિત્રો માટે નોંધ

આ મોડ્યુલ નાની- નાની પ્રવૃત્તિઓ પર આધારિત છે. કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ માટે એકાદ મિનિટ બસ થઈ પડશે. જ્યારે કેટલીક માટે 15 મિનિટનો સમય જોઈશે.

આ મોડ્યુલની કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ શાળાની લેબોરેટરીમાં કદાચ ના પણ થઈ શકે, પણ તે વિષયના વિકાસ માટે જરૂરી છે. આ પ્રવૃત્તિઓની વિડીયો ફિલ્મ પ્રાપ્ય છે. બધી પ્રવૃત્તિઓ માટે વિડીયો બનાવવાનું ઈરાદાપૂર્વક ટાળ્યું છે. કેમ કે એનાથી બાળકો પ્રવૃત્તિ કરીને જોવાનું ટાળે તેવી સંભાવના છે. વિદ્યાર્થીઓ આ પ્રવૃત્તિ કરવાની કુશળતા પ્રાપ્ત કરે એ પણ જરૂરી છે. તેથી વિડીયો ફિલ્મ બધી પ્રવૃત્તિ માટે નથી બનાવી.

બધા વૈજ્ઞાનિક પ્રયોગોની જેમ જ, આ પ્રયોગો કાળજીપૂર્વક થાય એ જરૂરી છે. આનો અર્થ એ છે કે માત્ર ચોકસાઈથી પ્રયોગ થાય એટલું જ જરૂરી નથી, પણ એમાં આવતી ત્રુટીઓ વિશે સભાનતા આવે તથા ભૂલ થવાના સંભવિત ક્ષેત્રોની ઓળખ થાય, એ રીતે કામ કરવાની છે. આ પ્રવૃત્તિઓ પાછળનો ઉદ્દેશ્ય સમજાશે એવી અમે આશા રાખીએ છીએ અને છેવટે એ પણ સમજાવું જોઈએ કે મૂળભૂત પાયાના સિદ્ધાંતો સમજવા માટે અત્યાધુનિક પ્રયોગોના સેટ-અપ હોવા દરેક વખતે જરૂરી નથી.

પ્રવૃત્તિ સરળતાથી થાય માટે કેટલાક મુદ્દાઓ તરફ ધ્યાન દોરીએ છીએ. કેટલાક વ્યાજબી દિશાસૂચનો પણ કર્યા છે.

1. આ મોડ્યુલની ઘણી પ્રવૃત્તિઓ માટે ઉષ્માના સ્રોતની જરૂર પડશે. ઉષ્માના સામાન્ય સ્રોત જેવા કે મીણબત્તી, સ્પિરિટ લેમ્પ, સ્ટવ, એક 250 વોલ્ટનો વીજળીનો ગોળો, ઈલેક્ટ્રીક હીટર, ધાતુના ગેસલાઈટર પણ નાની-નાની પ્રવૃત્તિઓમાં કામ આપશે. દરેક પ્રવૃત્તિમાં કયા સ્રોતનો ઉપયોગ કરવો તે પ્રવૃતિને આધારે નક્કી કરી શકાશે.

2. ઘણાં પ્રયોગોમાં પાણી અને તેને ભરવાના વાસણની જરૂર પડશે. આ વાસણો બીકર કે સ્ટીલનું ટમ્બલર કે રસોડાના વાસણો હોય શકે. વિદ્યાર્થીઓને એ વાત સમજાવવી પડે કે પ્રવાહીને ગરમ કે ઠંડુ કરીએ ત્યારે જે તે વાસણ પણ ઠંડુ કે ગરમ થઈ શકે છે. જોકે આ વાત અલગથી કહેવામાં નથી આવી.

3. લેબોરેટરીના બધાં થર્મોમીટર એકસરખા માપ બતાવતા નથી. એક જ વસ્તુ (દા.ત.એક જ પાણીનો નમૂનો) માટે જુદા-જુદા અવલોકનો આવે એવું બનવાજોગ છે. ઉત્પાદનના સ્તરે આ ખામીઓ (ત્રુટિઓ) રહેતી હોય છે. અહીં સારી રીતે પ્રયોગ કરવા માટે 3 કે 4 થર્મોમીટર કે જેનું માપ સરખું આવતું હોય તેવા સેટ બનાવી રાખવા. આવા સેટ બનાવવા માટે નીચે પ્રમાણે કરી શકાય. એક બીકરમાં ઠંડુ પાણી અને બીજા બીકરમાં ગરમ પાણી ભરી તેમાં બે-બે થર્મોમીટર એક પછી એક ડૂબાવવા. આમ કર્યા પછી જે બે થર્મોમીટરના માપ નીચા અને ઊંચા તાપમાને લગભગ સરખાં આવે તેને સાથે રાખવા.

4. જે પ્રવૃત્તિઓમાં મિશ્રણ કરવાનું આવતું હોય અને પદાર્થો સંપર્કમાં આવવાના હોય એ પ્રવૃત્તિમાં કેટલાક પરિબળો હોય છે જેવા કે વાતાવરણમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ જે અલોકનોને અસર કરે છે. એટલે આવા પ્રયોગોના પરિણામો અંદાજિત આવશે.

5. એકબીજાના સંપર્કમાં રહેતા પ્રવાહીઓની પ્રવૃત્તિઓમાં ખરેખર તો તેઓ તેમના પાત્રની દીવાલથી જુદા પડે છે. પ્રયોગ દરમિયાન ઉષ્મા પાત્રમાં પણ પ્રસરણ પામે છે અને પાત્રનું તાપમાન બદલાય છે. બીજા નંબરની પ્રવૃત્તિ આ સંદર્ભમાં આવી અડચણને દૂર કરવાનો રસ્તો સૂચવે છે.

6. કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ થરમૉસ ફ્લાસ્કનો ઉપયોગ કરવાથી સારી રીતે થઈ શકે છે. થરમૉસ ફ્લાસ્ક મોંઘો હોવાથી દરેક વખતે તેનો ઉપયોગ વ્યવાહારિક રીતે શક્ય નથી. થરમૉસ ફ્લાસ્કના બે વિકલ્પો સૂચવ્યા છે. (a) બે ડિસ્પોસેબલ થરમૉકૉલ કપનો ઉપયોગ કરવો. (b) બીકરને ઈન્સ્યુલેટેડ બનાવવો. આમ કરવા માટે વાદળીના પાતળા પડના થોડા આંટા કાચના બીકર ફરતે ચડાવવા. આ જ મટીરિયલની એક જાડી વર્તુળાકાર ડિસ્ક ઉપર બીકરને ગોઠવો અને વિંટાળેલા આ પડ ઉપર પેકિંગ ટેપ (સેલોટેપ) લગાવો.

7. કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ માટે એકસરખી માત્રામાં બે પ્રવાહીની જરૂર પડશે (જેમ કે પાણી અને કેરોસીન). પ્રવાહી માટે કદની માત્રાનો માપદંડ વજનના માપદંડ કરતાં વધારે સારો પડશે. જ્યારે પ્રવાહીના ચોક્કસ જથ્થાંની જરૂર પડે ત્યારે આપણે કદ માત્રાનો ઉપયોગ કરીશું. આવું કરતી વખતે આપણને ખ્યાલ હોવો જોઈએ કે પાણીની ઘનતા 1 ગ્રામ/મિલિ છે અને 10 ગ્રામ કેરોસીન અને પાણીના કદની માત્રા અનુક્રમે 12 મિલિ અને 10 મિલિ છે. પ્રાણીજન્ય તેલના ઉપયોગની ભલામણ અમે કરતાં નથી, કેમ કે તે ચીકણું છે અને તેમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ ઝડપથી થતું નથી. ઉપરાંત કેરોસીન કરતાં તેઓની ઘનતામાં ઘણી વિવિધતા છે.

પ્રકરણ 1

ગરમ અને ઠંડુ

1.1 ગરમ અને ઠંડાનો સામાન્ય અનુભવ

આપણાં રોજિંદા જીવનમાં 'ગરમ' અને 'ઠંડુ' એ બે શબ્દો અવારનવાર વપરાય છે. આપણે ક્યારેક કહીએ છીએ કે, 'આજે બહુ ગરમી છે નહીં ?' અથવા 'આજે ઠંડી ખૂબ છે.' જો ઠંડી ખૂબ હોય તો આપણે શાલ કે સ્વેટરનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. શિયાળાના દિવસોમાં મકાનનું ભોંયતળિયું આપણને ઠંડુ લાગે છે. જ્યારે બીજી બાજુ ઉનાળાના દિવસોમાં તડકામાં પડેલી સાયકલ કે સ્કૂટર પર બેસવાનું અશક્ય લાગે છે.

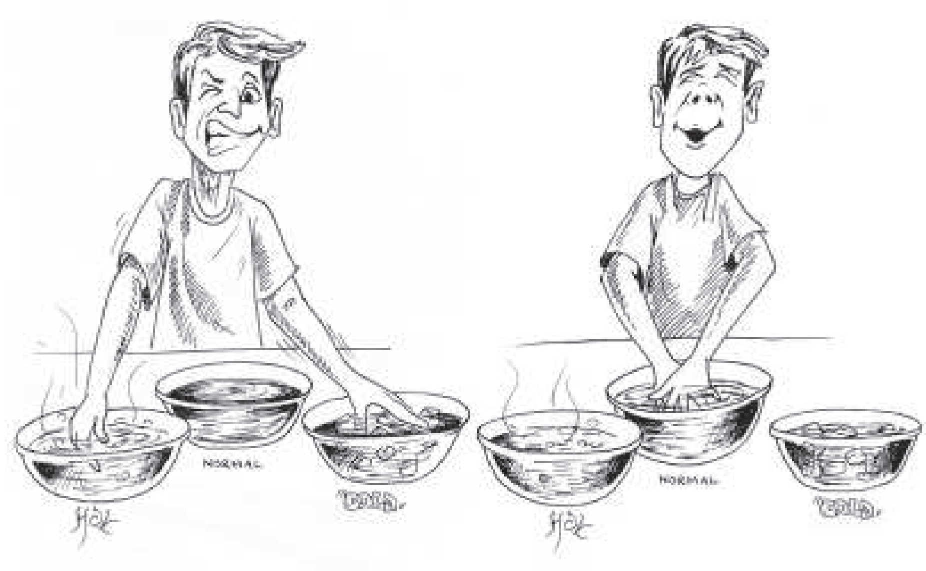
જે રીતે આપણે 'ગરમ' અને 'ઠંડું' શબ્દનો ઉપયોગ કરીએ છીએ, તેની પર વિચાર કરીએ તો લાગે છે કે આ શબ્દો આપણે ચોકસાઈપૂર્વક વાપરતા નથી. ક્યારેક તો ગૂંચવાઈ જવાય એવી રીતે પણ વાપરીએ છીએ. આને માટે થોડા ઉદાહરણ લઈએ.

- જો હૂંફાળા પાણીનો કપ આપવામાં આવે અને બીજો કપ હુંફાળી ચાનો આપવામાં આવે તો, આપણે લગભગ પાણીને ખૂબ ગરમ ***(પીવા માટે)*** અને ચાને ઠંડી ***(પીવા માટે)*** કહીએ છીએ. આમ, વસ્તુ ઠંડી કે ગરમ લાગવાની બાબત એના ***હેતુ*** સાથે સંકળાયેલ છે.

- ઘણી વખત એવું પણ બને કે કોઈ બીજી વ્યક્તિ એ જ ચાને ***પૂરતી ગરમ*** તરીકે ગણે. આવું જ બીજું એક ઉદાહરણ નહાવાના હૂંફાળા પાણીનું છે. એક વ્યક્તિ, ગરમ પાણી ભરેલી ડોલને નહાવા માટે વધારે પડતું ગરમ માને જ્યારે બીજી વ્યક્તિ એજ પાણીને પૂરતું ગરમ માને. તેથી અહીં ગરમીનો અનુભવ વ્યક્તિ-વ્યક્તિએ બદલાય છે.

- જ્યારે ઉકાળેલાં દૂધની તપેલી સ્ટવ પરથી લઈ લઈએ, ત્યારે થોડીવાર પછી આપણે કહીશું કે દૂધ ઠંડુ પડી ગયું છે, જોકે તે બીજી તપેલીના દૂધ કે જે ગરમ કરેલું જ નથી તેના જેટલું ઠંડુ નહીં હોય. હકીકતે થોડો સમય ગયા પછી આપણે પહેલી તપેલીને વધારે ઠંડી થયેલી કહીશું. વધારે ગૂંચવાડો ત્યારે ઊભો થશે કે જ્યારે કોઈ બીજી વ્યક્તિ આવીને તેને પહેલાં કરતાં ઓછું ગરમ ગણશે. આ કિસ્સામાં આપણે ઠંડુ (કે ગરમ) શબ્દનો ઉપયોગ સાપેક્ષ રીતે કરીએ છીએ.

સામાન્ય વ્યવહારમાં ગરમ કે ઠંડાનો ખ્યાલ



આકૃતિ 1.1 : અગાઉ ઠંડા અથવા ગરમ પાણીમાં ડૂબાડી રાખેલ હથેળીઓ દ્વારા ગરમીની સંવેદનાની તુલના

સ્પર્શ આધારિત હોય છે. એટલે કે તેનો આધાર આપણી ચામડીની સ્પર્શેન્દ્રિય તરીકે કેવું કામ કરે છે તેના પર છે. એક જ વ્યક્તિના અનુભવમાં પણ ગરમ અને ઠંડા અંગે વિરોધાભાસી અર્થઘટન જોવા મળી શકે છે. એક સાવ સાદા પ્રયોગ પરથી આ વાત સમજી શકાશે.

A 1.1 ગરમ કે ઠંડુ ?

ત્રણ સરખા પાત્ર લો. (મોટા પહોળા વાસણો સારા પડશે) પહેલા પાત્રમાં વોટરકુલરનું, ફ્રિજનું કે ઠંડા માટલાંનું પાણી ભરો. બીજામાં નળનું પાણી ભરો અને ત્રીજામાં નળનું પરંતુ થોડીવાર ગરમ કરેલું પાણી ભરો. સૌપ્રથમ તમારી એક હથેળી ઠંડા પાણીમાં અને બીજી હથેળી ગરમ પાણીમાં 15 સેકન્ડ માટે ડૂબાડો. પછી એકસાથે બંને હથેળીને સાદા નળના પાણીમાં ડૂબાવો. (આકૃતિ 1.1 જુઓ) તમારી બંને હથેળીના સંવેદનના આધારે તમે કહી શકશો કે નળનું પાણી ગરમ છે કે ઠંડુ ?

સામાન્ય રીતે વ્યવહારમાં ઠંડું કે ગરમનો અર્થ ઘણી વખત અલગ અલગ હોય છે. જેમકે એનો આધાર તેના હેતુ કે સંદર્ભ સાથે હોય છે, એનો સંબંધ વસ્તુ સાથે હોય છે, તે વ્યક્તિ- વ્યક્તિએ બદલાતો હોય છે અને સ્પર્શેન્દ્રિયની સંવેદનશીલતા સાથે પણ બદલાતો હોય છે. ઉપરની પ્રવૃત્તિ અને અનુભવ દર્શાવે છે કે ઠંડુ અને ગરમની સંવેદના સાપેક્ષ છે, નિરપેક્ષ નથી. તો પછી આપણે, કોઈ વસ્તુ ગરમ છે કે ઠંડી તે અર્થપૂર્ણ રીતે કઈ રીતે કહી શકીએ?

ચાલો, આપણે ફરી પાછા ઉકાળેલા દૂધની તપેલીને તપાસીએ. શરૂઆતમાં આપણે જાહેર કરીશું કે તે ગરમ છે. પણ થોડી વાર રાખ્યા પછી આપણે તેને ઠંડુ અથવા ઓછું ગરમ કહીશું. જેમ-જેમ સમય જાય છે તેમ આપણે જાણીએ છીએ કે દૂધની ગરમી ***સતત*** ઓછી થતી જાય છે, અથવા ઠંડક ***સતત*** વધતી જાય છે. દૂધની ગરમી ઓછી

થવાની કે ઠંડક વધવાની ક્રિયા સતત છે. એનાથી ઊલટું અતિશય ઠંડા પાણીથી ભરેલું વાસણ સમય જતાં ઓછું ઠંડુ અથવા ગરમ થતું જાય છે. અહીં પણ તેની ઠંડકમાં થતો ઘટાડો અથવા ગરમીમાં થતો વધારો સતત હોય છે.

આપણા અવલોકનોના આધારે આપણે નીચે પ્રમાણે તારણો કાઢી શકીએ.

- આપણે સારી રીતે કહી શકીએ કે બધા પદાર્થ ઠંડા છે પણ કેટલાક બીજા કરતાં વધુ ઠંડા છે અથવા બધા પદાર્થ ગરમ છે, પણ કેટલાક પદાર્થ બીજા કરતાં વધુ ગરમ છે.
- ગરમપણું કે ઠંડાપણું એ જુદા ભાગ કે અલગ શ્રેણી નથી. તેઓ એકબીજામાં ભળી જાય છે. અથવા એકમાંથી બીજામાં સતત બદલાતા રહે છે. ગરમપણું કે ઠંડાપણું એ એક જ માપદંડના બે મૂલ્યો છે — એક મોટો અને બીજો નાનો.

1.2 તાપમાન (ઉષ્ણતામાન)

ગરમપણાની માત્રાને ***તાપમાન*** નામ આપવામાં આવ્યું છે અને તેનું મૂલ્ય સતત બદલાતું રહે છે. 'ગરમ' પદાર્થ વધારે તાપમાન ધરાવે છે જ્યારે ઠંડો પદાર્થ ઓછું તાપમાન ધરાવે છે. ગરમીની માત્રાનું માપ કાઢવાની રીતનો પ્રથમ સફળ પ્રયત્ન ગેલેલીઓએ (1610ની આસપાસ)કરેલો. તેઓએ ***ગેસ થરમૉસ્કોપ*** નામના સાધનની રચના કરેલી, જેને હાલના થર્મોમીટરનો પૂર્વજ કહી શકાય. થરમૉસ્કોપનો આધાર, ગરમીની માત્રા વધવા સાથે ગેસના કદમાં થતો વધારો છે. આપણે આવું એક થર્મોમીટર પછીથી બનાવીશું.

આજકાલ થર્મોમીટરનો વપરાશ સામાન્ય થઈ ગયો છે. લેબોરેટરીમાં, ડોક્ટરના દવાખાનામાં, અથવા તાપમાન માપક કચેરીમાં ઘણી જાતના થર્મોમીટર આપણાં ધ્યાન પર આવે છે. આપણને ઘણી વખત તાપમાનના અહેવાલો મળતા હોય છે જેમ કે હવામાન સમાચાર, અથવા દર્દીના શરીરનું તાપમાન અથવા કોઈ પ્રયોગશાળામાં કોઈ દ્રાવણનું તાપમાન. આ તાપમાન જુદી જુદી રીતે 'ડીગ્રી સેલ્સિયસ' અથવા 'ડીગ્રી ફેરનહીટ'ના રૂપે દર્શાવાય છે. આપણે સેલ્સિયસ માપક્રમનો ઉપયોગ આપણાં દરેક કામ માટે કરીશું અને આલ્કોહોલ કે પારા દ્વારા સૂચિત આંકને ગરમીનું પ્રમાણ કે તાપમાન તરીકે દર્શાવીશું.

A 1.2 થર્મોમીટરની તપાસ

પ્રયોગશાળાનું થર્મોમીટર બંને છેડે બંધ એવી લાંબી કાચની નળીનું બનેલું હોય છે. એની અંદર બીજી એક પાતળા વેહવાળી (સાંકડી) નળી હોય છે જેમાં એક છેડે જાડો બલ્બ હોય છે અને તેમાં થોડું પ્રવાહી ભરેલું હોય છે. આ પ્રવાહી કાં તો પારો હોય છે (ચમકતી ધાતુ) અથવા આલ્કોહોલ (લાલ અથવા ભૂરા રંગની ડાઈ સાથે મિશ્રિત). પારાના સ્તંભનું અવલોકન કરો. ત્યાં નળી પર એક માપક્રમ અંકિત કરેલ હોય છે જે $0^{\circ}C$ અથવા ડીગ્રી સેલ્સિયસ દર્શાવે છે. તેના શરૂઆતના આંક જુઓ. તે શરૂઆતનું તાપમાન કેટલું બતાવે છે ? તેને પાણી ભરેલા વાસણમાં પકડી રાખો. જોવા મળતું માપ નોંધો. ત્યારબાદ થર્મોમીટરનો બલ્બ ઠંડા પાણીમાં મૂકો અથવા બરફનો ભુક્કો કરી તેમાં મૂકો અને પારાના સ્તંભમાં શું ફેરફાર થાય છે

ગેલેલિયો ગેલેલી (1564-1642)

ગેલેલિયો બહુમુખી પ્રતિભા ધરાવતાં વ્યક્તિ હતા. તેમણે ઘણાં ક્ષેત્રોમાં પાયારૂપ કામ કરેલ હતું. કોપરનિક્સે રજૂ કરેલ સૂર્યકેન્દ્રી વિશ્વના સિદ્ધાંતને વધુ નક્કર ભૂમિકા ઉપર લાવનાર તરીકે ગેલેલિયો વધુ જાણીતા છે. તેઓએ ગતિશાસ્ત્ર (ગતિનો અભ્યાસ)નો પાયો નાખ્યો. તેઓએ જોયું કે, આદર્શ પરિસ્થિતિ હેઠળ જ્યાં સુધી અસંતુલિત બળ ન લાગે ત્યાં સુધી પદાર્થ પોતાની નિયમિત ગતિ અથવા સ્થિરતાની સ્થિતિ જાળવી રાખે છે. આ નિયમ તથા લોલક અને મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થ ઉપરનું તેમનું કાર્ય એરિસ્ટોટલના વિધાનો સામે મજબૂત પડકાર હતો કે જે નિયમો છેલ્લાં બે હજાર વર્ષથી સ્વીકારાયેલા હતા. ઉષ્મા અને તાપમાન અંગેની આપણી સમજ વધારવા માટે તેમણે શું કર્યું ? તેમણે મોટા થર્મોસ્કોપ (કે જેમાં બંધ વાયુના કદમાં થતો વધારો કે ઘટાડો એ તાપમાનમાં થતો ક્રમશઃ વધારો કે ઘટાડો દર્શાવે છે.)ની શોધ કરી એટલું જ નહીં, પણ તેઓએ એવું પણ સૂચવ્યું કે પદાર્થના બંધારણીય કણોમાં થતી ઝડપી ગતિનું કારણ વધુ પડતું તાપમાન કહી શકાય. પરંતુ પદાર્થની કણ અવસ્થા સર્વસ્વીકૃત થઈ તે અગાઉ આ બાબત રજૂ થયેલ હોવાથી આ વાત તરફ દુર્લક્ષ સેવવામાં આવ્યું.

તે જુઓ. ત્યાર બાદ થર્મોમીટરને પાણી ભરેલા વાસણમાં મૂકો. વાસણને ગરમ કરવા મૂકો. જે તાપમાને પાણી ઊકળે તે શોધો.

A 1.3 આપણી આસપાસના પદાર્થનું તાપમાન

તમારે નળનું સાદું પાણી ભરેલું બીકર, ઘણાં વખતથી રૂમમાં પડેલી રેતીનો ઢગલો અને થોડા થર્મોમીટરની જરૂર પડશે.(1)

પાણી ભરેલા બીકરમાં એક થર્મોમીટર મૂકો. બીજા એક થર્મોમીટરને રેતીના ઢગલામાં મૂકો. એક થર્મોમીટરને હવામાં મૂકી રાખો. પાંચ મિનિટ બાદ ત્રણે થર્મોમીટરના આંક વાંચો અને નોંધ કરો. શું ત્રણે થર્મોમીટરના આંક સરખા છે ? જો ના તો શા માટે?

તમને આવા પ્રશ્નો સાંભળીને કદાચ નવાઈ લાગશે : કોઈ પદાર્થ કેટલો ઠંડો કે કેટલો ગરમ હોઈ શકે એની કોઈ મર્યાદા ખરી? સૌથી ઊંચું સંભવ તાપમાન કેટલું છે ? તાપમાન ઋણ હોઈ શકે? નીચામાં નીચું કેટલું જઈ શકે? આ પ્રશ્નોના જવાબ મેળવવાનો આપણે પ્રયત્ન કરીશું.

A 1.4 ગરમ અને ઠંડાની પુનઃતપાસ

બે સરખા થર્મોમીટર લો. એના પર A અને B લખો. હવે હથેળી ડૂબાવવાની પ્રવૃત્તિ ફરી કરો. આ વખતે ત્રણ બીકર અને A તથા B થર્મોમીટરનો ઉપયોગ કરો. આ પ્રવૃત્તિમાં તમારે જમણી કે ડાબી હથેળીની જગ્યાએ થર્મોમીટર ડૂબાવવાના છે. તમને શું લાગે છે થર્મોમીટરનું વાચન દરેક વખતે કેવું આવશે ? ગરમીના માપન માટે હથેળીની તુલનામાં થર્મોમીટરનો ઉપયોગ આપણી તપાસમાં કઈ રીતે મદદરૂપ થયો ?

આ પ્રવૃત્તિથી એટલું તો સમજાવું જોઈએ કે હથેળીના ઉપયોગ કરતા થર્મોમીટરના ઉપયોગથી

(1) શરૂઆતની 'શિક્ષક મિત્રો માટે નોંધ' જુઓ.

બે તાપમાન માપક્રમો

આપણી લેબોરેટરીમાં થર્મોમીટરમાં સેલ્સિયસનો એકમ હોય છે, પણ બીજો એકમ પણ છે અને તે ફેરનહિટ તરીકે ઓળખાય છે. સામાન્ય રીતે ડોક્ટરો તેનો ઉપયોગ શરીરનું તાપમાન માપવા માટે કરે છે. માનવશરીરનું સામાન્ય તાપમાન 98 °F અથવા 37 °C હોય છે, અને તે વ્યક્તિ-વ્યક્તિએ બદલાતું રહે છે. આસપાસની હવાનું દબાણ 1 વાતાવરણ હોય છે ત્યારે શુદ્ધ પાણીનો ગલનાંક અને ઉત્કલન આંક અનુક્રમે 0 °C અને 100 °C છે. ફેરનહીટના એકમમાં આ આંક 32 °F અને 212 °F હોય છે. (આગળની પ્રવૃત્તિઓમાં અલગ-અલગ અંકો પ્રાપ્ત થયા હશે. અનુમાન કરો કે આવું કેમ થયું હશે?) આ રીતે સેલ્સિયસ માપક્રમમાં 100 ડીગ્રી હોય ત્યારે તે માપક્રમ સમાન 212 - 32 એટલે કે 180 ફેરનહીટ માપક્રમ સમાન હોય છે. એટલે કે સેલ્સિયસ માપક્રમમાં એક ડીગ્રી બરાબર ફેરનહીટ માપક્રમના 1.8 ડીગ્રી સમાન હોય છે. 0 °C સેલ્સિયસ = 32 °F. અને 1 °C બરાબર (32 ₹ 1.8) °F અને 2 °C બરાબર [32₹ (2×1.8)] °F વગેરે. જો C અને F તાપમાન બે માપક્રમમાં દર્શાવતા હોય, તો આપણે એ બંને વચ્ચેનો સંબંધ આ રીતે લખી શકીએ. $F = 1.8 \times C + 32$. શું તમે શોધી શકશો કે ફેરનહીટ અને સેલ્સિયસના માપ કયા તાપમાને એકસમાન માપ દર્શાવશે ? આ વિષે વધારે સમજવા માટે ‘તાપમાનમેં પારા ક્યોં ?’ નામનો સુશીલ જોશીનો સંદર્ભમાં પ્રગટ થયેલો લેખ વાંચો. (સંદર્ભ, અંક 67, પૃષ્ઠ નં 7-18.)



ગરમીનું માપ કાઢવામાં વધારે ચોકસાઈ રાખી શકાય છે અને તે સ્પર્શ કરતાં વધારે ભરોસાપાત્ર સાધન છે.

જુદા જુદા ભાગોનું તાપમાન

આપણે નહાવા માટે ઘણીવાર ગરમ પાણીનો ઉપયોગ કરીએ છીએ અને આપણે ગરમ પાણીની ડોલમાંથી ડબલે-ડબલે પાણી કાઢીને વાપરીએ છીએ. આપણે પાણી ટુકડે-ટુકડે વાપરીએ છીએ. આ દરેક ટુકડાના પાણીનુ તાપમાન ડોલમાં ભરેલા પાણીના તાપમાન જેટલું જ હોય છે ? જ્યાં સુધી તાપમાનને સંબંધ છે ત્યાં સુધી ડોલના કયા ભાગમાંથી આપણે પાણી લઈએ છીએ તેનું મહત્વ છે ? ઉપરના ઉદાહરણના બદલે આપણે એવી સ્થિતિ વિચારીએ કે જેમાં સમાન તાપમાન ધરાવતાં ગરમ પાણીથી અડધા ભરેલા ડબલાં લઈએ અને પછી એક ડબલાનું પાણી બીજામાં ઠાલવીએ. અહીં પાણીનો કુલ જથ્થો બંને પાણીના જથ્થાના સરવાળા જેટલો થશે પરંતુ શું પાણીના તાપમાનનો પણ આ જ રીતે સરવાળો થશે ?

જો આપણે કલ્પના કરીએ કે પદાર્થને સમાન અથવા અસમાન ભાગોમાં વિભાજીત કરવામાં આવે છે અને તેના દરેક ભાગનું તાપમાન સમાન છે, તો આવા સંજોગોમાં એ વાતથી કોઈ ફરક પડતો નથી કે તમે સમગ્ર પદાર્થને ધ્યાન પર લો છો કે તેના કોઈ એક ભાગને. જો તમે પાણીના બે ભાગને ભેગા કરશો તો તે બંને ભાગોના સરવાળાનું તાપમાન તે ભાગોના તાપમાનના સરવાળા બરાબર નહીં થાય. આપણે કહીએ છીએ કે તાપમાન એ પદાર્થનો વિશિષ્ટ ગુણધર્મ (Intensive Property) છે.[૨]

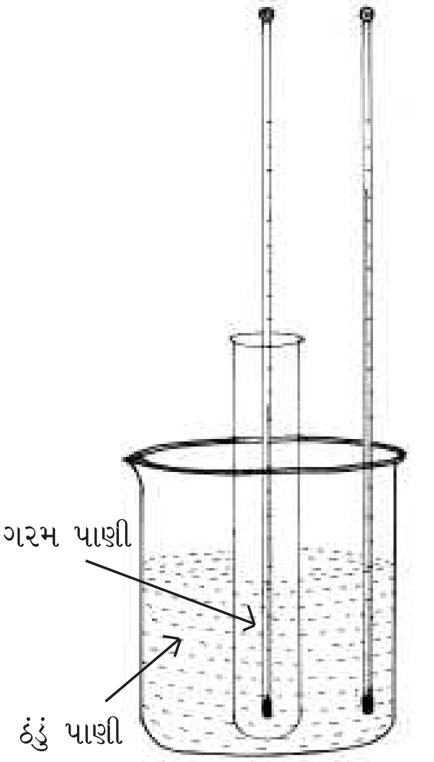
એનાથી ઊલટું જો આપણે પાણીના બે ભાગ ભેગા કરીએ તો ભેગા કરેલા પાણીનું કદ એ બે જુદા જુદા હિસ્સાના કદના સરવાળા જેટલું હશે. પદાર્થના દળ માટે પણ આ વાત સાચી છે. આ બધા જ માત્રાત્મક ગુણધર્મોના (Extensive quantities) ઉદાહરણ છે. શું તમે કહી શકશો કે પદાર્થની ઘનતા એ સઘનન ગુણધર્મ છે કે માત્રાત્મક ગુણધર્મ? અહીં યાદ કરો કે ઘનતા એ કદનું એકમદીઠ દળ છે.

1.3 પરસ્પર સંપર્કમાં રહેતા પદાર્થોનું તાપમાન

આપણાં સામાન્ય અનુભવથી આપણે જાણીએ છીએ કે ગરમ દૂધની તપેલીને રાખી મૂકીએ તો ધીમેધીમે ઠંડી પડતી જાય છે. એવી જ રીતે ઠંડો પદાર્થ, દાખલા તરીકે ઠંડા પાણીનો ગ્લાસ મૂકી રાખવાથી તે પાણી ધીમેધીમે હુંફાળું (ઓછું ઠંડુ) થાય છે. હવે નીચેની પ્રવૃતિ તપાસો જે સામાન્ય રીતે આપણા રસોડામાં દૂધને ગરમ કરીને ઠંડી કરવા માટે વપરાતી યુક્તિ જેવી જ છે.

A 1.5 ઠંડા પાણીના સંપર્કમાં ગરમ પાણી

એક ટેસ્ટટ્યૂબમાં થોડુંક ખૂબ ગરમ પાણી લો.



આકૃતિ 1.2 : ઠંડા પાણીના પાત્રમાં મૂકેલ ગરમ પાણી ધરાવતી ટેસ્ટટ્યૂબ

ટેસ્ટટ્યૂબને સ્ટોપર અથવા થર્મોકોલના એક કાણાંવાળા ઢાંકણથી બંધ કરો. ટેસ્ટટ્યૂબને નળનું પાણી ધરાવતા મોટા બીકરમાં ઊભી રાખો. એક થર્મોમીટરને ટેસ્ટટ્યૂબમાં ગોઠવો અને બીજાને બીકરમાં લટકાવો. આકૃતિ 1.2 જુઓ. સમય જતાં થર્મોમીટરના રીડિંગમાં શું ફેરફાર થશે એવું તમે માનો છો? ફરી એ જ પ્રવૃત્તિ કરો આ વખતે ટેસ્ટટ્યૂબમાં ગરમ પાણીની જગ્યાએ બરફનું ઠંડુ પાણી એટલી જ માત્રામાં ભરો. બંને થર્મોમીટરનું વાંચન દર 30 સેકન્ડે એકસાથે નોંધો. તમારા મતે થર્મોમીટરનું રીડિંગ કેટલું આવશે ? અગાઉની માફક જ બંને થર્મોમીટરનાં રીડિંગ લો. પહેલા પ્રયોગના

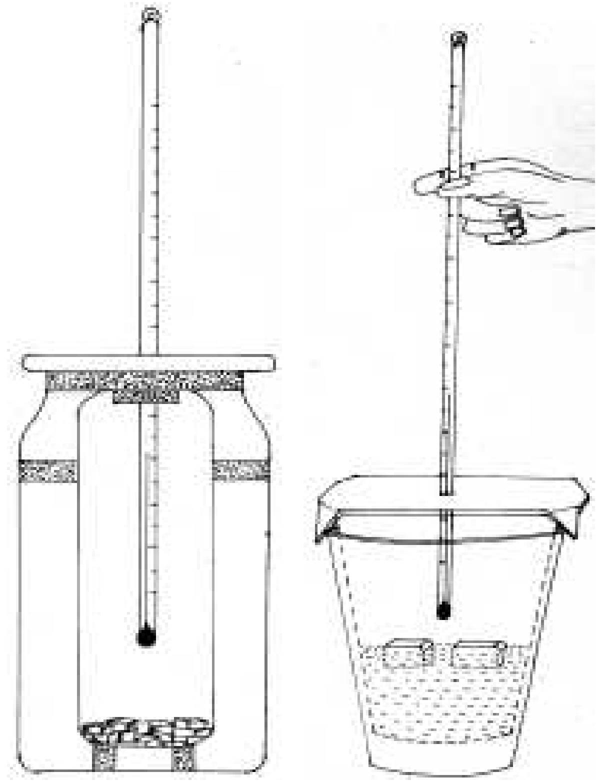
(2) વિદ્યાર્થીઓમાં આ મુદ્દાને લઈને ખરેખર ગૂંચવાડો હોય એવો સંભવ છે. જો એમ હોય તો પાણીના ભાગ લઈને આ પ્રવૃત્તિ કરવી. અને તેનું બરાબર પૃથક્કરણ કરાવવું.

પરિણામો સાથે આ વખતના પરિણામોની તુલના કરો. લાંબા સમય બાદ (આશરે એક કલાક પછી) શું થશે ? થર્મોમીટરનો આંક ક્યાં જશે? એ અંગે તમે જે અનુમાન લગાવો તે લખી લો. તાપમાન અને સમયનો એક આલેખ બનાવો તે સલાહભર્યું છે. તમારી પાસે એક જ આલેખ પેપર પર ચાર આલેખન આવશે.

પદાર્થને ઠંડો પાડવાની ક્રિયામાં બીજી કોઈ વસ્તુ ગરમ થવાની ક્રિયા જોડાયેલી છે? ટેસ્ટટ્યૂબમાં રહેલું ગરમ પાણી ઠંડુ પડ્યું ત્યારે કઈ વસ્તુ ગરમ થતી હતી. ઠંડા પાણીના ગ્લાસના સંદર્ભમાં નીચેના વાક્યનું મૂલ્યાંકન કરો. ''જ્યારે પાણી ગરમ થઈ રહ્યું હતું ત્યારે હવા ઠંડી પડી રહી હતી''. અને ત્યાર બાદ આગળની પ્રવૃત્તિ કરો.(3)

A 1.6 વાયુના સંપર્કમાં પ્રવાહી

એક થર્મોસ ફ્લાસ્ક અથવા કામચલાઉ બનાવેલું બીકરનું થર્મોસ લો.(4) તેનું ઢાંકણ દૂર કરો. થરમૉકૉલ અથવા રબરનું એક કાણાંવાળું ચુસ્ત ઢાંકણ તૈયાર કરો કે જેના કાણામાંથી થર્મોમીટર જઈ શકે અને લીધેલા થર્મોસ ઉપર ચુસ્ત રીતે બંધ થઈ શકે. એક બીકરમાં થોડું ઠંડું બરફનું પાણી લો અને તેનું તાપમાન માપી લો. હવે થર્મોસમાં પોણા ભાગનું ઠંડું બરફનું પાણી ભરો અને જે થર્મોમીટરથી તમે વાચન લીધેલું હોય એ જ થર્મોમીટર કાણાંમાં નાંખી ઢાંકણું બંધ કરો. થર્મોમીટર પાણીને સ્પર્શે નહીં તેની કાળજી રાખો. (આકૃતિ 1.3 જુઓ) સમય જતો જાય એમ થર્મોમીટરનું વાચન કરો. થર્મોમીટરમાં જે આંક આવે છે તે શેનું માપ દર્શાવે છે ? અડધા કલાક પછી, થર્મોમીટરને ધક્કો મારી તેનો બલ્બ પાણીમાં ડૂબે એવી રીતે ગોઠવો. પાણીના તાપમાન અંગે તમારી અપેક્ષા શું હશે ?



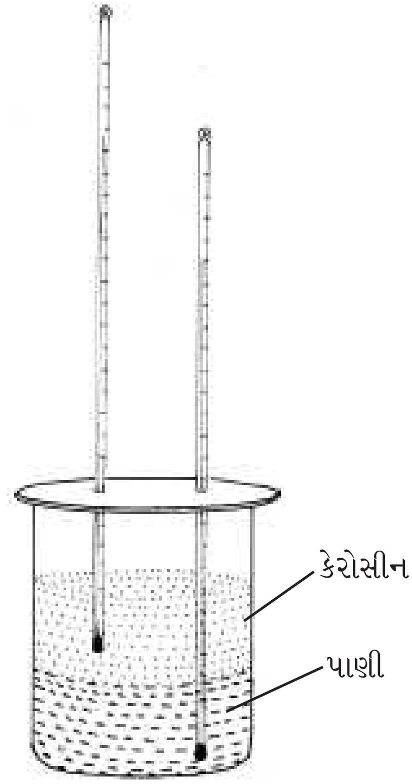
આકૃતિ 1.3 ઠંડુ પાણી અને હવા એકબીજાના સંપર્કમાં છે અને આસપાસના સંપર્કથી વિહોણા છે.

A 1.7 પરસ્પરના સંપર્કમાં પ્રવાહીનું તાપમાન

એક બીકર લો. તેમાં 60 °C તાપમાન ધરાવતું પાણી લગભગ અડધે સુધી ભરો. જો તમે આગલી પ્રવૃત્તિમાં વાપરેલું એવું જેકેટવાળુ બીકર લેશો તો વધારે સારું પડશે. તેમાં થર્મોમીટર લટકાવો. તેનું તાપમાન નોંધો. બીજું એક થર્મોમીટર તૈયાર રાખો. ખૂબ હળવેથી ઓરડાના તાપમાને બીકરના પાણી પર કેરોસીન રેડો. દિવાલ સાથે અડકીને જાય એવી

(3) જ્યારે આપણે એમ કહીએ છીએ કે આ પ્રવૃત્તિમાં પ્રવાહી સંપર્કમાં છે ત્યારે ખરેખરતો તે ટેસ્ટટ્યૂબની દીવાલથી જુદા પડે છે. ઉષ્માનું ટેસ્ટટ્યૂબમાં વહન થાય છે અને ટેસ્ટટ્યૂબનું તાપમાન પ્રયોગ દરમ્યાન બદલાય છે. હવે પછીના પૃષ્ઠ પર આપેલી પ્રવૃત્તિથી આ અડચણ દૂર થાય છે.

(4) 'શિક્ષક મિત્રો માટે નોંધ' જુઓ.



આકૃતિ 1.4 : બે પ્રવાહી, કેરોસીન ઉપર અને પાણી નીચે, એકબીજાના સંપર્કમાં અને જુદા તાપમાને

રીતે રેડો, (સરળ ધાર સ્વરૂપે) ગરમ પાણી ઉપર ઓરડાના તાપમાને કેરોસીન તરતું રહેશે. (આકૃતિ 1.4 જુઓ.) કેરોસીનનું કદ એટલું લેવું કે જેથી થર્મોમીટરનો બલ્બ કેરોસીનમાં પૂરી રીતે ડૂબેલો રહી શકે. હવે બીજું થર્મોમીટર બીકરમાં એવી રીતે લટકાવો કે તેનો આખો બલ્બ કેરોસીનમાં ડૂબેલો રહે, અને તે પાણીને સ્પર્શે નહીં. સમય જતાં બંને થર્મોમીટરના વાંચન અંગેનું અનુમાન કરો. તમે શું તારણ કાઢો છો?

આ પ્રવૃત્તિમાં આપણે જોયું કે જો આસપાસનું વાતાવરણ, પદાર્થ કરતા ઠંડુ હોય તો પદાર્થ ઠંડો પડવાનું વલણ ધરાવશે અને જો આસપાસમાં ગરમ વાતાવરણ હોય તો ઠંડો પદાર્થ ગરમ થશે. જે પદાર્થો સંપર્કમાં હશે અને શરૂઆતમાં જુદું તાપમાન ધરાવતા હશે તે ક્રમશઃ સમાન તાપમાને આવી જશે. જ્યાં સુધી બંને પદાર્થોના તાપમાન સમાન ન થાય ત્યાં સુધી તાપમાનમાં પરિવર્તન સતત ચાલુ રહે છે. ગરમ પદાર્થનું તાપમાન નીચું જાય છે અને ઠંડા પદાર્થનું તાપમાન ઊંચું જાય છે. જ્યારે એક વસ્તુ ઠંડી પડે છે ત્યારે તે જેના સંપર્કમાં છે તે ગરમ થાય છે. જ્યારે કોઈ પદાર્થ તેની જાતે ઠંડો થઈ રહ્યો હોય (દાખલા તરીકે ગરમ દૂધની મૂકી રાખેલી તપેલી) કે ગરમ થઈ રહ્યો હોય છે (દાખલા તરીકે બરફના ઠંડા પાણીથી ભરેલો ગ્લાસ) ત્યારે પણ આસપાસનું વાતાવરણ અનુક્રમે ગરમ કે ઠંડું થાય છે. પરંતુ હવાના વાતાવરણમાં થતાં આ ફેરફાર તરફ આપણે સામાન્ય રીતે ધ્યાન આપતા નથી. આપણે કેમ આવું ધ્યાન આપતા નથી ? તમે એવી પરિસ્થિતિનું વર્ણન કરી શકો કે જેમાં તમે વાસ્તવમાં તેને અનુભવતા હો?

ઠંડા અથવા ગરમ પદાર્થને એકબીજાના સંપર્કમાં લાવવાથી શું પરિણામ આવે, તેનો સૌ પ્રથમ નિર્ણાયક પ્રયોગ જોસેફ બ્લેકે કરેલો. તેમણે થર્મોમીટરનો ઉપયોગ કરીને નોંધેલું કે સંપર્કમાં રહેલા ગરમ અને ઠંડા પદાર્થોના તાપમાન સમાન તાપમાને સ્થિર થાય છે. ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ એમ દરેક પ્રકારના પદાર્થ માટે આ સાચું છે અને તે શરૂઆતમાં કેટલું તાપમાન ધરાવતા હતા તેની સાથે આ પ્રક્રિયાને કંઈ લેવાદેવા નથી. અલબત્ત, એ વાત પર ભાર મૂકવો જોઈએ કે બહારનું કોઈપણ પરિબળ પદાર્થને અસર કરતું ન હોવું જોઈએ. આ પૂર્વશરત છે. હવે બહારનું કોઈ પરિબળ અસર ન કરે એવી સ્થિતિ વ્યવહારમાં સામાન્ય રીતે જોવા

જોસેફ બ્લેક (1728 – 1799)

બ્લેકે બરફના પાણીના મિશ્રણનો અભ્યાસ કર્યો હતો. તેણે અવલોકન કર્યું કે માત્ર ગરમી આપવાથી તાપમાનમાં વધારો થાય એવું હંમેશાં બનતું નથી. એણે એ પણ શોધ્યું કે ઉકળતા પાણીને વધારે ગરમી આપવાથી માત્ર વરાળમાં વધારો થાય છે. અને પાણી-વરાળ ના તાપમાનમાં કોઇ વધારો થતો નથી. આ રીતે, એ પહેલો હતો કે જેને બદલાતી અવસ્થામાં સુષુપ્ત ઉષ્માનો ખ્યાલ આવ્યો. એણે એ પણ બતાવ્યું કે જુદાજુદા પદાર્થોને તેની પોતાની ગરમી જુદી જુદી હોય છે. બ્લેકના સંશોધનોએ આગળ જતા વરાળથી ચાલતા યંત્રો માટે માર્ગ મોકળો કર્યો. કાર્બનડાયોક્સાઇડની શોધ માટેનો યશ પણ તેને ફાળે જાય છે.

મળતી નથી. તેથી સામાન્ય અવલોકનો આ તારણને મળતા આવે જ એવું બનતું નથી. બે પદાર્થ વચ્ચેનો સંપર્ક માત્ર બે પદાર્થો પુરતો જ મર્યાદિત હોય એવું બનતું નથી, આસપાસની હવા જેવું ત્રીજું પરિબળ પણ હાજર હોય છે.

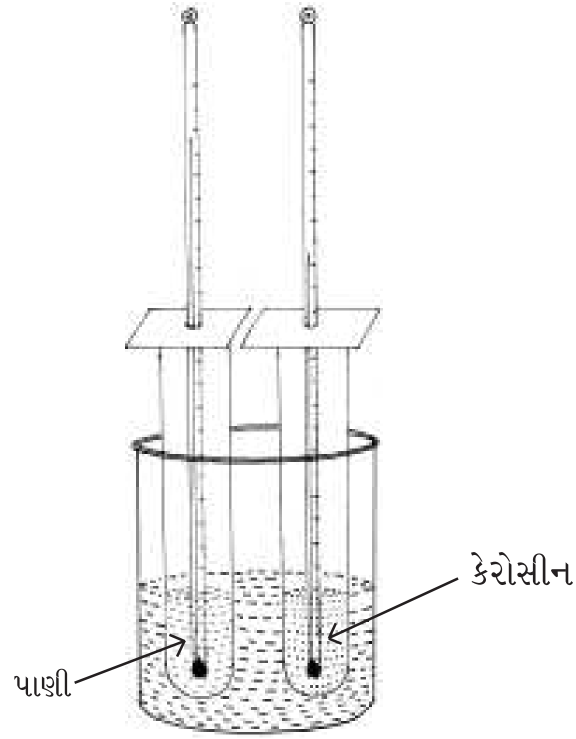
આપણી ઉષ્મા અને તાપમાનની સમજણ વધારવામાં આ અવલોકન ખૂબ મહત્વનું છે. એટલું મહત્વનું છે કે બે પદાર્થો દ્વારા સાધવામાં આવેલી સમાન તાપમાનની આ અવસ્થાને ખાસ નામ આપવામાં આવ્યું. પદાર્થે પ્રાપ્ત કરેલી આવી સ્થિતિને ***ઉષ્મીય સંતુલન (thermal equilibrium)*** કહે છે. ***'સંતુલન'*** શબ્દ સૂચવે છે કે હવે આગળ તાપમાનમાં ફેરફાર થવો શક્ય નથી. વાસ્તવમાં, જો પદાર્થ A પદાર્થ Bની સાથે સંતુલનમાં હોય અને પદાર્થ B જો પદાર્થ C સાથે સંતુલનમાં હોય તો પદાર્થ A અને પદાર્થ C પણ ઉષ્મીય સંતુલનમાં હશે.

1.4 સરખી ઉષ્મા, પદાર્થોને એકસરખા ગરમ કરે ?

આપણે કોઇ પદાર્થને ગરમ કરીએ ત્યારે તેના તાપમાનમાં થતાં વધારાનો દર દરેક પદાર્થ માટે સમાન હશે? એક જ પદાર્થના અલગ અલગ જથ્થા માટે એક સમાન જ હશે ? આપણે આપણા રોજબરોજના અનુભવને આધારે જાણીએ છીએ કે કોઈ કડાઈમાં થોડું પાણી હોય તો તરત ઉકળવા માંડે છે, પણ એ જ સ્ટવ પર એટલી જ ઉષ્મા આપવા છતાં વધારે જથ્થો ધરાવતાં પાણીને ગરમ થતાં વધારે સમય લાગે છે. જો આપણે તેલ અને પાણીની સરખી જ માત્રા લઈએ, અને સરખા સમય માટે તેમને ગરમ કરીએ અને એક સરખી સ્થિતિમાં ગરમ કરીએ, તો બંનેના તાપમાનમાં એકસરખો વધારો થશે? ચાલો આપણે આ વિચારને ચકાસવા માટે થોડી પ્રવૃત્તિ કરીએ.

A 1.8 જુદા-જુદા પદાર્થોમાં તાપમાન પરિવર્તનનો દર

એક મોટી સાઈઝનું બીકર અથવા કડાઈ પાણીથી ભરો અને 60 °C સુધી ગરમ કરો. (કડાઈ સ્ટવ પર જ રહેવા દો.) એ દરમ્યાન બુચ ધરાવતી બે ટેસ્ટ ટ્યુબ લો તેમાં એકમાં 10 ગ્રામ પાણી અને બીજીમાં 10 ગ્રામ કેરોસીન ભરો. તેમજ જેનું વાંચન સરખું હોય એવા બે થર્મોમીટર પણ તૈયાર



આકૃતિ 1.5 જુદા જુદા પ્રવાહીઓમાં તાપમાનનો દર તપાસવો

કરો. થર્મોમીટરને ટેસ્ટ ટ્યુબમાં મૂકી બીકરમાં કે કડાઈમાં મુકવા માટેની વ્યવસ્થા ગોઠવો. (આકૃતિ 1.5 જુઓ) બંને ટેસ્ટ ટ્યુબનું પ્રવાહી બીકરના પાણીમાં બરાબર ડૂબે તેનું ધ્યાન રાખો. બંને ટેસ્ટ ટ્યુબના થર્મોમીટરનું વાંચન દર 30 સેકન્ડે કરવું. તેમના તાપમાનમાં ફેરફારનો દર સરખાવો.

A 1.9 એક જ પદાર્થના જુદા જુદા જથ્થામાં તાપમાનના પરિવર્તનનો દર.

આગલી પ્રવૃત્તિની જેમ જ પરંતુ અલગ અલગ પ્રવાહીને બદલે પાણીની જુદી જુદી માત્રા લો :

એકમાં 10 ગ્રામ, બીજામાં 20 ગ્રામ અને ત્રીજામાં 40 ગ્રામ પાણી લો. ગરમ પાણીના પાત્રમાં તેને એકસરખા સમય માટે ડુબાવો હલાવશો નહિ. ત્રણે નમુનામાં તાપમાનના ફેરફાર નોંધો. આ જ પ્રયોગને પાણીને બદલે કેરોસીન લઈ ફરી કરો.

બે ભિન્ન પ્રવાહી પદાર્થોને એકસરખી માત્રામાં લઈ એક સરખી ઉષ્મા આપવાથી તેમના તાપમાનમાં એકસરખો વધારો થાય છે કે જુદાજુદા પદાર્થો માટે તાપમાનનો વધારો જુદો જુદો છે ? એક જ પદાર્થના જુદા-જુદા જથ્થાને એક સરખી ઉષ્મા આપવાથી તેમના તાપમાનમાં એક સરખો વધારો થાય છે કે એમના જથ્થા અનુસાર ફેરફાર થાય છે ? 1 ગ્રામ પદાર્થના તાપમાનમાં 1°C જેટલો વધારો કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માને તે પદાર્થની **વિશિષ્ટ ઉષ્મા** કહે છે. તેને સંકેતમાં S વડે દર્શાવાય છે. 1 ગ્રામ પાણીનું તાપમાન 1°C વધારવા માટે જેટલી ઉષ્મા જોઈએ તેને એક **કેલેરી (Cal)** કહે છે. દા.ત. પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા 1 Cal./g/°C છે. જો કોઈ પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા S હોય તો તે પદાર્થ (જેનું દળ m છે)ના તાપમાનમાં ચોક્કસ માત્રા (ધારો કે DT)માં વધારો કરવા માટે જરૂરી ઉષ્મા(Q)ની ગણતરી આપણે કરી શકીએ છીએ. આ રાશિઓનો સંબંધ આ મુજબ દર્શાવી શકાય.

સામાન્ય રીતે જાણીતા પદાર્થોમાં પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા વધારે છે. ટેબલ 1.1માં કેટલાક પદાર્થોની વિશિષ્ટ ઉષ્મા આપવામાં આવી છે.

વિશિષ્ટ ઉષ્મા અને તાપમાનના ફેરફારનો દર (કે જેની ચર્ચા હમણાં કરી)ની મદદથી શું તમે અનુમાનથી કહી શકશો કે, બે જુદા-જુદા તાપમાનવાળા પાણીને જુદા જુદા જથ્થામાં ભેગા કરીએ તો તે મિશ્રણનું તાપમાન શું હશે ? હવેની પ્રવૃત્તિ વાંચો. પણ પ્રવૃત્તિ કરતા પહેલા તમારું અનુમાન કરી લો.

ટેબલ 1.1 કેટલાક પદાર્થોની વિશિષ્ટ ઉષ્મા

વસ્તુ	વિશિષ્ટ ઉષ્મા (Cal/g/°C)
ચાંદી	0.06
તાંબુ	0.09
કાચ	0.21
ગ્રેનાઈટ	0.19
હવા	0.24

A 1.10 મિશ્રણનાં તાપમાન

બે એકસરખા બીકર લો અને બંનેમાં 200 મિલિ પાણી ભરી એકસરખા તાપમાન સુધી ગરમ કરો. જો તમે બંને બીકરના પાણીને એક મોટા પાત્રમાં ભેગું કરો તો તમારા અનુમાન મુજબ એ મિશ્રણનું તાપમાન શું થશે ? હવે ધારોકે તમે એક બીકરના પાણીને 80 °C અને બીજાને 60 °C ગરમ કરો છો.તો એ મિશ્રણનું તાપમાન શું થશે? કરીને જોઈ જુઓ. હવે 100 મિલિ પાણી 80 °C અને 200 મિલિ પાણી 60 °C સુધી ગરમ કરીને ભેગા કરો. મિશ્રણનું તાપમાન શું આવે છે ?

તમારું અનુમાન નીચે પ્રમાણેની રીતે તપાસો.[5]

ધારો કે m_1 અને m_2 દળ ધરાવતા બે નમૂનાના શરૂઆતના તાપમાન T_1 અને T_2 છે. (બંને તાપમાનો પૈકી T_1 ઊંચું તપમાન જ્યારે T_2 નીચું તાપમાન દર્શાવે છે.) મિશ્રણનું અંતિમ તાપમાન T છે. મિશ્રણનું તાપમાન વધુ ગરમ નમુના કરતા ઓછું, પરંતુ ઓછા ગરમ નમુના કરતા વધારે આવશે. આનો મતલબ એમ થાય કે વધુ ગરમ પાણીએ ઉષ્મા ગુમાવી છે અને ઓછા ગરમ પાણીએ ઉષ્મા મેળવી છે. વધુ ગરમ પાણીએ જે માત્રામાં ઉષ્મા Q_1 ગુમાવી છે તે છે . $m_1 s$ (T-T) ઓછા ગરમ પાણીએ મેળવેલ ઉષ્માની માત્રા છે $Q_2 = m_2 s\ (T-T_2)$. પહેલા નમુનાએ જે ઉષ્મા ગુમાવી છે તે અને બીજા નમુનાએ જે ગરમી મેળવી છે તે બંને સરખા હોવાથી $Q_1 = Q_2$.

તેને આ રીતે લખી શકાય.

$$m_1 s(T_1 - T) = m_2 s(T - T_2)$$

જેનું સાદુંરૂપ આપતા મિશ્રણનું તાપમાન

$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 m_2}$$

આ જ પ્રવૃત્તિ જુદા-જુદા જથ્થામાં અને જુદા-જુદા તાપમાનના નમુના લઈ ફરી કરો. તેનું કારણ સ્પષ્ટ કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

ઉપરના પૃથક્કરણનો ઉપયોગ કરી નીચેની સમસ્યાને ઉકેલો : તમારી પાસે બે સરખી માત્રા ધરાવતા પાણી અને તેલના બીકર છે. બંનેનું તાપમાન સરખું છે અને બંને વાતાવરણની અસરથી સુરક્ષિત કરવામાં આવ્યા છે. એક જ ધાતુના બનેલા અને સરખા તાપમાન (જે તેલ/પાણીના તાપમાનથી ઓછું હોય) બે બ્લોકને અનુક્રમે તેલ અને પાણીમાં ડુબાડી રાખવામાં આવે તો શું પાણી અને તેલનું

(5) યાદ રાખજો કે આ પ્રક્રિયાની ગણતરી અંદાજીત છે. કારણકે માત્ર પાણીના બે નમૂનાઓ વચ્ચે જ નહિ પરંતુ આસપાસના વાતાવરણ અને પાત્રમાં પણ ઉષ્માનો વ્યય થાય છે.

તાપમાન થોડા સમય પછી સરખું હશે ?

1.5 વહે છે શું, ગરમી કે ઠંડી ?

સામાન્ય રીતે પૂછાતો પ્રશ્ન, આપણે જ્યારે કોઈ વસ્તુને ઠંડી રાખવા પ્રયત્ન કરીએ છીએ (દા.ત. બરફને ઓગળી જતો અટકાવવા) ત્યારે આપણે ઠંડીને નાસી જતી રોકવા માગીએ છીએ કે ઉષ્માને પ્રવેશતી અટકાવવા માંગીએ છીએ ? આનાથી ઉલ્ટું, આપણે ઠંડી ઋતુમાં ચા ગરમ રાખવા ઈચ્છીએ છીએ અને ત્યારે પ્રશ્ન એ થાય છે કે આપણે ઠંડીને પ્રવેશતી રોકવા માંગીએ છીએ કે ઉષ્માને છટકતી રોકવા માગીએ છીએ ? સાથે-સાથે આ વાત પણ વિચારજો, ઠંડુ પાણી ભરેલું વાસણ વધારે ઠંડુ નથી થતું અને આસપાસના વાતાવરણને ઠંડું પણ નથી કરતું. તેવી જ રીતે ગરમ તેલ રાખી મુકેલ હોય તો, ઠંડુ પડતી વખતે વધારે ગરમ નથી થતું કે વાતાવરણને ગરમ પણ નથી કરતુ.

સામાન્ય રીતે, આપણે જ્યારે એમ કહીએ કે અમુક પદાર્થ ગરમ છે ત્યારે એનો મતલબ એમ હોય છે કે તે પદાર્થ બીજા કોઈ પદાર્થના સંદર્ભે ગરમ છે, જેમકે આપણું શરીર. જ્યારે આપણે એમ કહીએ કે કોઈ પદાર્થ ઠંડો છે ત્યારે તે કોઈ બીજા પદાર્થના સંદર્ભમાં ઠંડો હોય છે. જેવી રીતે આપણે કહીએ કે બધા પદાર્થ ગરમ છે, પણ કેટલાક પદાર્થ વધુ ગરમ છે, એવું આપણે કહી શકીએ કે બધા પદાર્થ અન્યો કરતાં ઠંડા છે, પણ કેટલાક પદાર્થ બીજા કરતાં વધારે ઠંડા છે.

આ બધા અવલોકનોના આધારે આપણે સારરૂપે કહી શકીએ કે ***ઉષ્માનું પ્રસરણ ઊંચા તાપમાનવાળા પદાર્થમાંથી ઓછા તાપમાનવાળા પદાર્થ તરફ થાય છે.*** ઉપરના ઉદાહરણોમાં, આપણે ખરેખર એવું ઈચ્છીએ છીએ કે વાતાવરણની ગરમીનું પ્રસરણ આપણા પદાર્થ પર ન થાય. કેમકે આપણે પદાર્થને વાતાવરણ કરતા ઠંડો રાખવા માગીએ છીએ. અને જો આપણો પદાર્થ વાતાવરણ કરતા ગરમ હોય તો, પદાર્થની ઉષ્મા બહારના વાતાવરણમાં ન પ્રસરે તેવી આપણી ઇચ્છા હોય છે. ઉષ્મા ઠંડા પદાર્થ તરફ વહે છે, નહિ કે ઠંડાથી ગરમ પદાર્થ તરફ.

આથી આપણે, ગરમ અથવા ઠંડા નો શબ્દપ્રયોગ નિરપેક્ષ રીતે કરવાનું ટાળીશું. એટલે જ્યારે પણ આ શબ્દો આપણે વાપરીશું ત્યારે યાદ રાખીશું કે ગરમ અને ઠંડુ એ સાપેક્ષ શબ્દો છે અને તેનો અર્થ એવો થાય છે કે અનુક્રમે ઊંચું અને નીચું તાપમાન. આપણે 'વહે છે' એ શબ્દ પણ વાપરવાનું ટાળીશું. કેમ કે તેનાથી પણ ઘણી ગુંચવણ (ગરમ થવું કે ઠંડા પડવું) પેદા થાય છે. તેની જગ્યાએ આપણે *ઉષ્માનું પ્રસરણ* એ શબ્દ વાપરીશું. જે હવે પછીનો ચર્ચાનો વિષય છે.

સાર :

- *ગરમ અને ઠંડુ એ રોજીંદા વપરાશમાં આવતાં સાપેક્ષ શબ્દો છે. તાપમાન, એ પદાર્થ કેટલો ગરમ છે તે વર્ણવવા માટેનો શબ્દ છે અને થર્મોમીટર એ તાપમાન માપવા માટેનું સાધન (ઉપકરણ) છે. જેમ પદાર્થ વધુ ગરમ તેમ તેનું તાપમાન ઊંચું.*

- *એકબીજાના સંપર્કમાં હોય એવા અને અલગ તાપમાન ધરાવતા બે પદાર્થો છેવટે ઉષ્માના પ્રસરણને કારણે એકસરખું તાપમાન ધરાવતા થાય છે. ઉષ્માનું આ પ્રસરણ શરૂઆતમાં ઊંચું તાપમાન ધરાવતાં પદાર્થો તરફથી નીચું તાપમાન ધરાવતાં પદાર્થ તરફ થાય છે. ઘન, પ્રવાહી, કે વાયુ ત્રણે પ્રકારના પદાર્થો માટે આ સાચું છે.*

પ્રકરણ 2

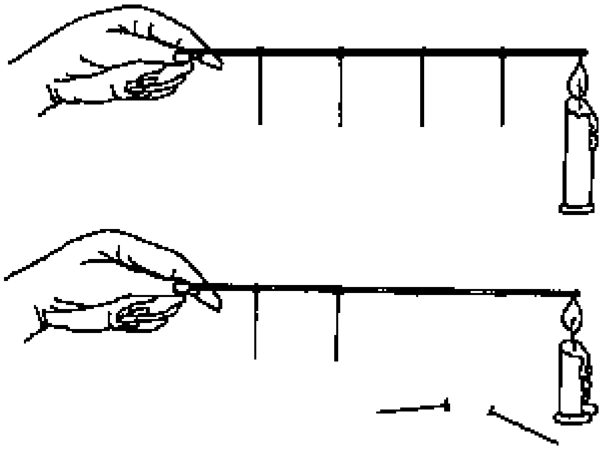
ઉષ્મા પ્રસરણ

અગાઉના પ્રકરણની પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે જોયું કે શરૂઆતમાં બે ભિન્ન તાપમાન ધરાવતા બે પદાર્થોને એકબીજાના સંપર્કમાં રાખતાં ધીમે-ધીમે તેઓ એક સામાન્ય તાપમાન પર સ્થિર થાય છે. જોકે આમ થવા માટે અથવા તો ઉષ્મીય સંતુલન સ્થાપિત થવા માટે થોડો સમય લાગે છે. જ્યારે આપણે કોઈ પદાર્થને ગરમ કરીએ છીએ ત્યારે તેને હૂંફાળો થવામાં થોડો સમય લાગે છે. શું આખો પદાર્થ એકસામટો ગરમ થઈ જાય છે? શું ઉષ્મા એક બિંદુએથી બીજા બિંદુએ પ્રસારિત થવામાં સમય લે છે? આ પ્રશ્નોના ઉત્તરો મેળવવા માટે ચાલો થોડા પ્રયોગો કરીએ. આપણે ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમાં ઉષ્માના પ્રસરણને અલગ-અલગ રીતે જોઈશું.

2.1 ઘનમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

A 2.1 પટ્ટીમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

લગભગ 15 સેન્ટીમીટર લાંબી અને 2 સેન્ટીમીટર પહોળી ધાતુની પટ્ટી લો. તમે તેના સ્થાને ધાતુની ફૂટપટ્ટી કે સાઈકલનો સ્પોક પણ લઈ શકો છો. આકૃતિ 2.1માં દર્શાવ્યા અનુસાર સીધી રેખામાં મીણની મદદથી કેટલીક ટાંકણીઓ સમાન અંતરે (લગભગ 3 સેમી.) ચોંટાડો.

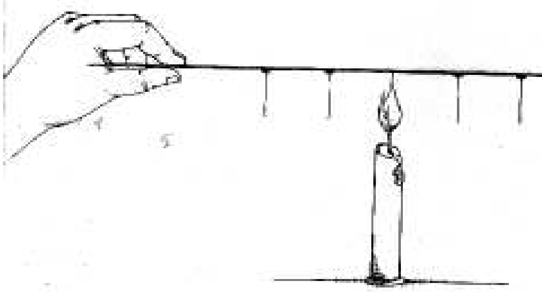


આકૃતિ 2.1 ઘન પદાર્થના એક છેડેથી બીજા છેડે ઉષ્માનું પ્રસરણ

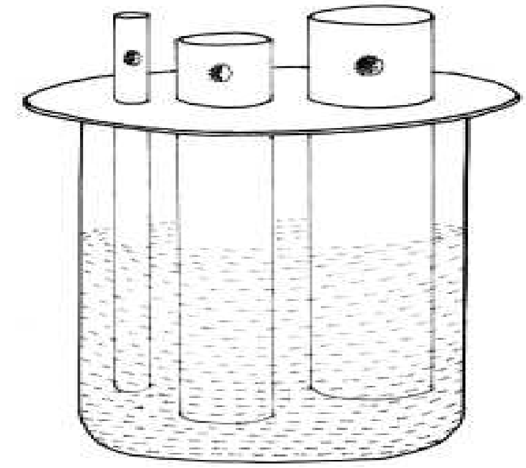
ટાંકણીઓ નીચેની તરફ લટકતી રહે તે રીતે પટ્ટીના એક છેડાને મીણબત્તીની જ્યોત પર ધરી રાખો. હવે ટાંકણીઓના પડવાનો ક્રમ નોંધો. ટાંકણીઓ કેમ પડી જાય છે?

ફરી એક વખત ટાંકણીઓને પટ્ટી પર ચોંટાડો. આ વખતે વચ્ચેનું સ્થાન ખાલી રાખો. આકૃતિ 2.2માં દર્શાવ્યા મુજબ પટ્ટીને વચ્ચેથી ગરમ કરો. કયા ક્રમમાં ટાંકણીઓ નીચે પડે છે?

ટાંકણીઓ જે ક્રમમાં નીચે પડે છે તે માટેનું સ્પષ્ટીકરણ શું હોઈ શકે? ઉષ્માના સ્રોતથી બધી દિશામાં ઉષ્માનું પ્રસરણ એકસમાન રીતે થાય છે. આથી જ પ્રથમ કિસ્સામાં મીણબત્તીની નજીક રહેલી



આકૃતિ 2.2 : ઘન પદાર્થમાં વિવિધ દિશામાં ઉષ્માનું પ્રસરણ, ઉષ્માના સ્રોતથી દૂર



આકૃતિ 2.3 ઘન પદાર્થમાંથી ઉષ્માનું સંચરણ ઉપર કદ અને આકારની અસર

ટાંકણી સૌથી પહેલાં નીચે પડે છે જ્યારે બીજા કિસ્સામાં મીણબત્તીની જ્યોતથી સમાન અંતરે રહેલ ટાંકણીઓ લગભગ એકસાથે જ નીચે પડે છે. કઈ દિશામાં ઉષ્માનું પ્રસરણ વધારે ઝડપથી થાય છે ? પટ્ટીને ઊભી કે આડી રાખવાથી કોઈ ફરક પડે છે ? પટ્ટીને આ રીતે પકડીને ઉપરની પ્રવૃત્તિને ફરીથી કરીને જુઓ. (1)

શું ઘન પદાર્થમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ તેના કદ અને આકાર પર આધાર રાખે છે ? ચાલો શોધી કાઢીએ.

A 2.2 ઘન પદાર્થમાં ઉષ્મા પ્રસરણને અસર કરતા પરિબળો

એક પહોળું બીકર લો. એલ્યુમિનિયમની ત્રણ પાઈપો લો. તેઓ એકસમાન લંબાઈ (બીકરની ઊંડાઈ કરતાં પાઈપોની લંબાઈ લગભગ બમણી હોવી જોઈએ) અને દીવાલની એકસમાન જાડાઈ ધરાવતી હોવી જોઈએ, પરંતુ તેઓનો વ્યાસ (પહોળાઈ) જુદો-જુદો હોવો જોઈએ. આકૃતિ 2.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર એક કાર્ડબોર્ડ પર યોગ્ય કદના કાણાં પાડી ત્રણેય પાઈપને બીકરમાં લટકાવવા માટેની વ્યવસ્થા કરો. પાઈપને નીચે તરફ સરકતી અટકાવવા માટે તમે રબરબેન્ડને ચુસ્ત રીતે વીંટાળી શકો છો. દરેક પાઈપની પાણીમાં લંબાઈ એકસમાન રહે તેમજ તે તળિયાને સ્પર્શે નહીં તેની કાળજી રાખવી. દરેક પાઈપના ઉપરના છેડા પર મીણનું એક નાનકડું ટપકું મૂકો. એ વાતનું ધ્યાન રાખવું કે ટપકાનું કદ એકસમાન રહે. આ વ્યવસ્થા તૈયાર થઈ જાય પછી માત્ર બીકરના પાણીને ગરમ કરો. થોડા સમય બાદ પાણીમાં થોડું મીણ નાખો. પાણીને હળવેથી હલાવવાનું ચાલુ રાખીને મીણ ઓગળે તેટલું ગરમ થવા દો અને ત્યારબાદ પણ તેને ગરમ કરવાનું ચાલુ રાખો. હવે ગરમ કરવાનું તેમજ હલાવવાનું બંધ કરી દો. કાર્ડબોર્ડના ઢાંકણ સાથે જોડેલ પાઈપોને ઝડપથી પાણીમાં મૂકી દો અને સ્ટોપ વૉચને ચાલુ કરો. દરેક પાઈપ પર રહેલ મીણનાં ટપકાને અગાઉ કરતાં ગરમ પાણીની વધારે નજીક (એટલે કે ઢાંકણની નજીક) રાખીને પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. બંને કિસ્સામાં મીણને ઓગળવા માટે લાગતાં સમયની તુલના કરો.

ચાલો આપણાં અવલોકનોને ભેગા કરીને જોઈએ. શું પાણીની સપાટીથી મીણનાં ટપકાંનું અંતર વધારતા તેનાં ઓગળવા માટે લાગતો સમય વધ્યો ? પટ્ટીના વ્યાસ (પહોળાઈ)માં ફેરફાર કરતાં

(1) જ્યારે ધાતુની પટ્ટીને જુદી દિશામાં પકડો ત્યારે મીણબત્તીની જ્યોત ફેલાઈ ન જાય તેની કાળજી રાખવી. ઉપરાંત પટ્ટીના જે બિંદુને ગરમ કરવામાં આવી રહ્યું છે તે બદલાઈ ન જાય તેની પણ કાળજી રાખવી.

સપ્રમાણતા

આપણે ઘણી વખત એવી પરિસ્થિતિનો સામનો કરવો પડે છે કે જેમાં એક રાશિ બીજી રાશિ પર આધારિત હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે દીવાલ રંગવા માટે જરૂરી રંગનું પ્રમાણ (x) રંગના સ્તરની અપેક્ષિત જાડાઈ (y) પર રાખે છે. જો સ્તરની જાડાઈ બમણી કરવામાં આવે તો જરૂરી રંગનું પ્રમાણ પણ બમણું થઈ જાય છે અથવા ધારો કે ટાંકીને પાણીથી ભરવામાં આવે છે તો પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈમાં વધારો થતાં ટાંકીમાં રહેલા પાણીના દળમાં પણ વધારો થાય છે. ઉપરોક્ત બંને ઉદાહરણોમાં એક રાશિ એ બીજી રાશિના સંદર્ભમાં સીધી રીતે ફેરફાર પામે છે. જાડાઈ બમણી કરતાં જરૂરી રંગનું પ્રમાણ બમણું થાય છે. પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈ બમણી થતાં તેનું દળ પણ બમણું થાય છે વગેરે. આથી આપણે કહી શકીએ કે પ્રથમ રાશિ એ બીજી રાશિ સાથે સીધી રીતે પ્રમાણ(Proportional)માં (x y) છે. બીજી તરફ જો તમારે નળાકારમાં નિશ્ચિત પ્રમાણમાં પાણી ભરવાનું હોય તો, જો નળાકાર ટાંકીના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ (y) ઓછું હશે તો નળાકારમાં પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈ (x) વધારે હશે અને આથી ઊલટું પણ સાચું છે. નળાકારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળને બમણું કરતાં પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈ અડધી થશે. આ એક એવું ઉદાહરણ છે કે જેમાં એક રાશિ એ બીજી રાશિના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં   છે. સીધા સમપ્રમાણ અને વ્યસ્ત પ્રમાણ માટે આપણે એક અંક નિર્ધારિત કરી શકીએ કે જે સપ્રમાણતાના આ સંબંધને એક સમીકરણમાં પરિવર્તિત કરી શકે. આ અંકને સપ્રમાણતાનો અચળાંક કહી શકાય. પ્રથમ ઉદાહરણમાં સપ્રમાણતાનો અચળાંક દીવાલનું ક્ષેત્રફળ છે. જ્યારે બીજા ઉદાહરણમાં તે ટાંકીના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ છે, જ્યારે ત્રીજા ઉદાહરણમાં તે પાણીનું આપવામાં આવેલ કદ છે.

ઓગળવા માટે લાગતાં સમયમાં કેવો ફેરફાર થયો ? જો ઓગળવા માટે ઓછો સમય લાગ્યો હોય તો આપણે કહી શકીએ કે ઉષ્માનું વહન સારી રીતે થયું છે.

આપણે જે પ્રકારનો પ્રયોગ હમણાં કર્યો તે પ્રકારના પ્રયોગોના પુનરાવર્તનના અંતે જોવા મળ્યું કે, જો તાપમાનનો તફાવત ΔT હોય તો એકમ સમયમાં બે બિંદુઓ વચ્ચે પ્રસરણ પામતી ઉષ્માનું પ્રમાણ (q) એ પટ્ટીના આડછેદી ક્ષેત્રફળ (A) અને તાપમાનના તફાવત (ΔT) ના સમપ્રમાણમાં તેમજ તે પટ્ટીની લંબાઈ (ℓ)ના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. એકમ સમયમાં થયેલ ઉષ્માનું પ્રસરણ અને કુલ ઉષ્મા પ્રસરણ વચ્ચેનાં તફાવતની નોંધ લેવી. કુલ ઉષ્મા પ્રસરણ માટે આપણે અગાઉ Q સંકેતનો ઉપયોગ કરેલ છે. આમ, આપણે ત્રણ સંબંધો લખી શકીએ છીએ.

$$q \propto \Delta T, \; q \propto A, \; q \propto 1/\ .$$

જો ઉપરના પ્રયોગનું પુનરાવર્તન આપણે અલગ-અલગ સામગ્રીની બનેલ પરંતુ એકસમાન વ્યાસ (પહોળાઈ) અને લંબાઈ ધરાવતી પાઈપ સાથે કરીએ તો શું તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે તમામ સામગ્રીમાં મીણનાં ટપકાંને ઓગળવા માટે લાગતો સમય એકસમાન હશે ? આપણે પટ્ટીની સામગ્રી તરીકે ધાતુના સ્થાને કાચનો ઉપયોગ કર્યો હોત તો શું બન્યું હોત ? યાદ કરો કે જ્યારે તમે કાચના કપની સરખામણીમાં ધાતુના કપમાં રાખેલ ગરમ ચાની ગરમીને વધારે ઝડપથી અનુભવી હતી. ΔT, A,   જેવા અન્ય તમામ પરિબળોને અચળ રાખીએ તો ઉષ્માનું પ્રસરણ સામગ્રીદીઠ વૈવિધ્ય ધરાવે છે. આ વૈવિધ્ય ઉપરોક્ત સમીકરણમાં સપ્રમાણતાનાં અચળાંક તરીકે દર્શાવેલ છે. ઘન

પદાર્થોમાં થતાં ઉષ્માના પ્રસરણને ઉષ્માવહન (conduction) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે, તેમજ સપ્રમાણતાના અચળાંકને સામગ્રીની ***ઉષ્મીય વાહકતા (thermal conductivity)*** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે અને તેને સંકેતમાં s તરીકે દર્શાવવામાં આવે છે. આથી,

$$q = \sigma \ \Delta T \ A/\ell .$$

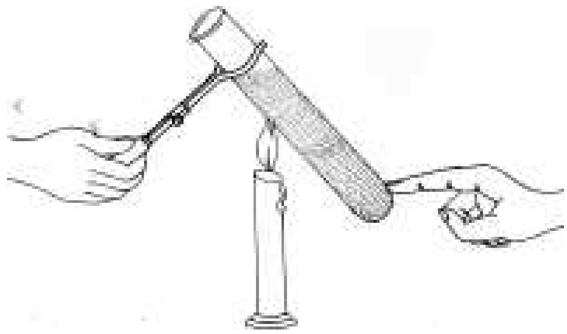
વાહકતાનું ઓછું મૂલ્ય ધરાવતી સામગ્રીને સામાન્ય રીતે ઉષ્મા અવાહક તરીકે જ્યારે વાહકતાનું વધારે મૂલ્ય ધરાવતી સામગ્રીને ઉષ્મા સુવાહક તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. s નો એકમ *cal/cm/s/^{o}C* છે. એવું જોવા મળ્યું છે કે ઘણાં ઉષ્મા સુવાહકો પણ વિશિષ્ટ ઉષ્માનું ઓછું મૂલ્ય ધરાવે છે.

2.2 પ્રવાહી અને વાયુમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

ઘન વસ્તુમાં ઉષ્મા બધી દિશાઓમાં પ્રસરણ પામે છે. શું પ્રવાહીમાં પણ આવું જ થતું હશે ?

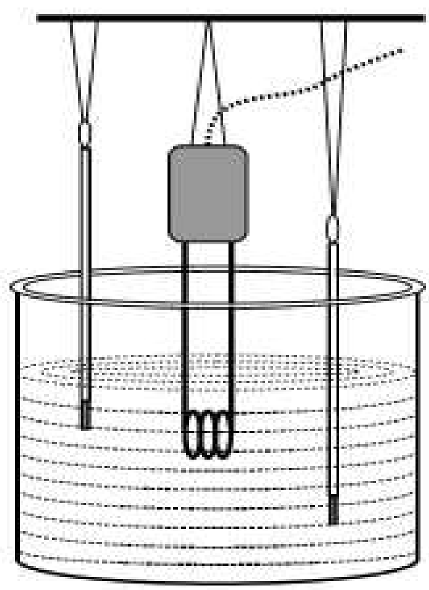
A 2.3 પ્રવાહીમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

એક ટેસ્ટટ્યૂબ લો અને તેને 3/4 ભાગ સુધી પાણીથી ભરો. આકૃતિ 2.4માં દર્શાવ્યા અનુસાર તેને મીણબત્તીની જ્યોત પર એ રીતે ત્રાંસી પકડી રાખો કે જેથી પાણીનો માત્ર ઉપરનો ભાગ જ ગરમ થાય. પ્રવાહી ઉકળવાનું શરૂ થાય ત્યારે નળીના તળિયે અડકીને જુઓ. આશ્ચર્ય થયું ? ઉપરનો અડધો ભાગ ઉકળતો હોવા છતાં શા માટે તળિયે રહેલ પાણી ઠંડું રહ્યું ?



આકૃતિ 2.4 પ્રવાહીમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ

એક એવી સ્થિતિની વિચારણા કરો કે જેમાં એક બીકરમાં ભરેલા પાણીને આપણે ઈલેક્ટ્રીક હીટરથી ગરમ કરીએ છીએ. આકૃતિ 2.5 જુઓ. તમે જોઈ શકો છો કે એક થર્મોમીટરનો બલ્બ હીટરના નીચલા છેડાથી થોડો ઉપર છે અને બીજા થર્મોમીટરનો બલ્બ તેનાથી નીચે છે. બંને થર્મોમીટરનું તાપમાન હીટર ચાલુ કર્યા પછી કેટલું હશે એ અંગે અનુમાન કરો અને ત્યારબાદ પ્રવૃત્તિ કરો.



આકૃતિ 2.5 ઉષ્મા સ્રોતના ઉપરના અને નીચેના ભાગમાં પાણીનું તાપમાન

A 2.4 પ્રવાહીમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

આકૃતિ 2.5માં દર્શાવ્યા અનુસાર સાધનોની ગોઠવણી કરો. એ સુનિશ્ચિત કરો કે હીટર પાણીમાં બરાબર ડૂબેલું હોય અને થર્મોમીટર તેમજ બીકરને સ્પર્શતું ન હોય. ત્યારબાદ હીટરને ચાલુ કરો. થર્મોમીટર દ્વારા નિર્દેશિત તાપમાનનું દર 30 સેકન્ડે અવલોકન કરો અને જોવા મળતાં માપનનું સ્પષ્ટીકરણ કરો.

જ્યારે આપણે ચા બનાવવા માટે પાણીને ઉકાળીએ છીએ ત્યારે સામાન્ય રીતે આપણે તપેલીને નીચેની તરફ તળિયેથી ગરમ કરીએ છીએ. તેમ છતાં ઉપર રહેલ પાણી (તેમજ તપેલીમાં દરેક જગ્યાએ) પણ થોડાક જ સમયમાં પાણી ગરમ થઈ જાય છે. ઉષ્મા માત્ર તળિયેથી આપવામાં આવતી હોવા છતાં એવી તે કઈ પ્રક્રિયા છે કે જેના દ્વારા પાણીનો સમગ્ર જથ્થો ગરમ થઈ જાય છે. જેમ ઘનમાં થાય છે તેમ પાણીને ઉપરની તરફથી ગરમ કરતાં શું તે બધી જગ્યાએ ગરમ થઈ જશે ? ચાલો જેમ ચા માટે પાણી ઉકાળવામાં આવે છે તેવી જ રીતે પાણીને ગરમ કરવાની એક સામાન્ય પ્રક્રિયાને કરીએ પરંતુ તે માટે અવલોકન માટેની કેટલીક વ્યવસ્થાઓ કરવી પડશે.

A 2.5 ગરમ થવાથી પ્રવાહીમાં થતું હલનચલન

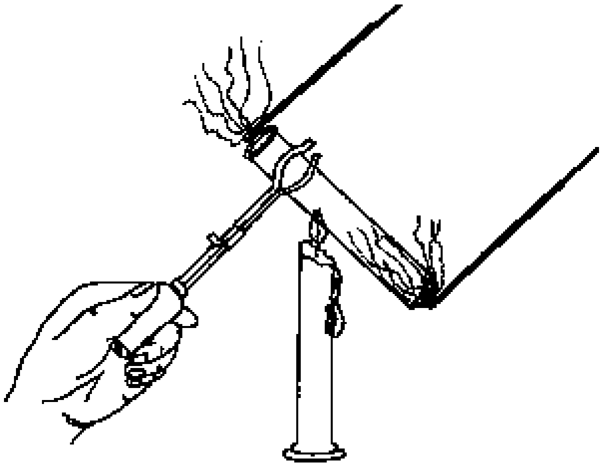
ઠંડા પાણીથી ભરેલું એક બીકર લઈ તેને સગડી કે સ્પિરિટ લેમ્પ પર મૂકો. પાણીમાં પોટેશિયમ પરમેંગેનેટનો એક કણ નાખો. સગડીને ચાલુ કરીને અથવા સ્પિરિટ લેમ્પને સળગાવીને પ્રવાહીમાં થતી ગતિનું અવલોકન કરો. પોટેશિયમ પરમેંગેનેટના કણની હલનચલનની ગતિનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન કરો. ખાસ કરીને તેના પ્રવાહની તરેહ (pattern) પર ધ્યાન આપો.

પાત્રનો આકાર બદલવાથી શું થાય છે તે શોધી કાઢો અથવા તે અંગેનો તર્ક કરો. પ્રવાહીમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ પ્રવાહીના પોતાના હલનચલનના કારણે જ થાય છે. ઉષ્માના સ્રોતની એકદમ નજીક રહેલો પ્રવાહીનો ભાગ સૌથી પહેલાં ગરમ થાય છે. પાણીનો ગરમ થયેલ ભાગ સપાટી તરફ ઊંચે ચઢે છે અને તેનું સ્થાન ઉપર રહેલ પ્રવાહીના ભાગ દ્વારા લેવામાં આવે છે. આ રીતે પ્રવાહી બધી જગ્યાએથી ગરમ થાય છે. પ્રવાહીના ભાગોનું આ ચક્રિય તરહ (loop pattern)માં થતું હલનચલન ઉષ્માનયન (convection) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આથી આપણે કહી શકીએ કે પ્રવાહીમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ ઉષ્માનયન દ્વારા થાય છે. ઘન પદાર્થોમાં થતાં ઉષ્માના પ્રસરણ કરતાં આ વિપરિત છે. ઘન પદાર્થોમાં ઘન પદાર્થ જે દ્રવ્યનો બનેલો છે તેનું હલનચલન આપણે જોઈ કે સમજી શકતાં નથી.

વાયુઓમાં ઉષ્માના પ્રસરણની રીત કઈ હશે ? શું તે પ્રવાહી કે ઘન પદાર્થના જેવી જ હશે ? અથવા શું કંઈક જુદી જ રીતે પ્રસરણ થતું હશે ? આપણે હવાને જોઈ શકતાં નથી પરંતુ જો પ્રકાશ યોગ્ય રીતે આવતો હોય તો આપણે ધૂમાડો અથવા ધૂળના નાનાં રજકણોને હલનચલન કરતાં અને હવામાં ભળી જતાં જોઈ શકીએ છીએ. આપણા પ્રયોગોમાં હવાના હલનચલનને રેખિત (ટ્રેસ) કરવા માટે આપણે અગરબત્તીના ધૂમાડાની ગતિનો ઉપયોગ કરીશું.

A 2.6 વાયુઓમાં ઉષ્માનયન

તૂટેલી ટેસ્ટટ્યૂબ આપણને કંઈક રસપ્રદ બાબત શીખવી શકે છે. એક તૂટેલી ટેસ્ટટ્યૂબ અને બે સળગતી અગરબતી લો. આકૃતિ 2.6માં દર્શાવ્યા અનુસાર તૂટેલી ટેસ્ટટ્યૂબ સળગતી મીણબત્તી ઉપર ત્રાંસી પકડો અને બીજા એક સાથીને તૂટેલી ટેસ્ટટ્યૂબના બંને છેડા પાસે સળગતી અગરબત્તી રાખવાનું કહો. ટેસ્ટટ્યૂબને વચ્ચેથી ગરમ કરતી વખતે અગરબત્તીના ધૂમાડાને ધ્યાનથી જુઓ.



આકૃતિ 2.6 હવામાં ઉષ્મા પ્રસરણ

જ્યારે આપણે અગરબત્તીને સળગાવીએ છીએ ત્યારે તેનો ધૂમાડો બધી જગ્યાએ અચાનક ફેલાઈ જતો નથી. તે પસંદગીપૂર્વક કઈ દિશામાં આગળ વધે છે ? તેને જોવાનો પ્રયત્ન કરો. સામાન્ય રીતે એમ કહેવામાં આવે છે કે ગરમ હવા હલકી હોવાથી તે ઉપર ચઢે છે. શું તમારું અવલોકન આ સાથે બંધબેસતું આવે છે ?

પ્રવાહીની માફક વાયુમાં પણ દ્રવ્યના પોતાના હલનચલનના કારણે જ ઉષ્માનું પ્રસરણ થાય છે. શા માટે પ્રવાહી અથવા વાયુનું હલનચલન મોટેભાગે માત્ર ઉપરની તરફ જ થાય છે ? શા માટે ઉપરની તરફ ગયેલ પ્રવાહી અથવા વાયુ નીચેની તરફ તળિયે પરત આવે છે ? ગુરુત્વાકર્ષણના અભાવમાં પ્રવાહીમાં ઉષ્માના પ્રસરણનું શું થયું હોત ?

અત્રે રજૂ થયેલ ઉદાહરણો અને ચર્ચામાં આપણે જોયું કે ઘન પદાર્થોમાં થતા ઉષ્માના પ્રસરણને **ઉષ્માવહન** જ્યારે પ્રવાહી અને વાયુઓમાં થતાં ઉષ્માના પ્રસરણને **ઉષ્માનયન** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. બે વચ્ચેનો મુખ્ય ભેદ એ છે કે ઉષ્માનયન દરમિયાન માધ્યમનું હલનચલન જોવા મળે છે, જે બાબત ઘન પદાર્થોના કિસ્સામાં જોવા મળતી નથી. મુશ્કેલ પરંતુ ચોકસાઈપૂર્વક કરવામાં આવેલા પ્રયોગો(2) પરથી જોવા મળ્યું કે ઘન પદાર્થોની માફક પ્રવાહી પદાર્થોમાં પણ થોડા પ્રમાણમાં ઉષ્માવહન દ્વારા ઉષ્માનું પ્રસરણ જોવા મળે છે. પરંતુ મોટેભાગે આપણે એમ માનીએ છીએ કે ઉષ્માનયન એ પ્રવાહી અને વાયુમાં ઉષ્મા પ્રસરણનું મુખ્ય સ્વરૂપ છે.

2.3 માધ્યમની ગેરહાજરીમાં ઉષ્મા પ્રસરણ

અત્યાર સુધીની ચર્ચામાં આપણી પાસે ઉષ્માના પ્રસરણ માટે કોઈ એક માધ્યમ તો હતું જ. શું ઉષ્માના પ્રસરણ માટે હંમેશા માધ્યમની જરૂર હોય જ છે ? તમે જ્યારે કોઈ તાપણાં પાસે ઊભા હોવ છો ત્યારે તમે ગરમીનો અનુભવ કરો છો. (આકૃતિ 2.7). સ્ટેન્ડ પર મુકેલી ગરમ કડાઈની નીચે તમારો હાથ રાખવાથી (અડક્યાં સિવાય) પણ આ જ પ્રકારનો અનુભવ જોઈ શકાય છે. યાદ કરો કે ઉષ્માનયન ઉષ્માનું પ્રસરણ માત્ર ઉપરની તરફ કરે છે નહિ કે નીચેની કે આજુબાજુની તરફ. આનો અર્થ એમ થાય કે જ્યારે તમે અગ્નિને સમાંતર ઊભા હોવ અથવા કોઈ ગરમ પદાર્થની નીચે હોવ ત્યારે ઉષ્માનયન સિવાય અન્ય કોઈ રીત તો છે જ કે જે ઉષ્માનું પ્રસરણ તમારી તરફ કરે છે.

શિયાળામાં જ્યારે આકાશ સ્વચ્છ હોય છે અને સૂર્ય પ્રકાશતો હોય ત્યારે તમે જો છાંયડામાંથી બહાર નીકળીને તડકામાં જશો તો તમે તુરત જ હૂંફ અનુભવશો. સૂર્યની ઉષ્માને કારણે આમ બને છે. હવે જો હવાના માધ્યમ દ્વારા જ સૂર્યની ઉષ્માનું પ્રસરણ થતું હોય તો એક પગલાંના અંતરે હવાના

(2) ઉદાહરણ માટે ઈન્ટરનેટ પરનો સ્રોત જુઓ, http://fluidproperties.nist.gov/thermal.html



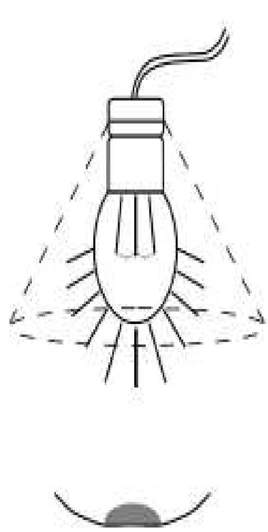
આકૃતિ-2.7 : તાપણાંની આસપાસ આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે ઉષ્મા બધી દિશાઓમાં પ્રસરી શકે છે.

તાપમાનમાં આટલો નાટકીય ફેરફાર ન હોઈ શકે. હવા નિરંતર રીતે વહેતી હોવાથી બંને જગ્યા પરની હવાનું તાપમાન લગભગ સરખું જ હોવું જોઈએ. વધુમાં તમારી આસપાસની હવા ઠંડી લાગે છે પરંતુ જો તમે તડકામાં લાંબો સમય ઊભા રહેશો તો તમારી ચામડી ખૂબ જ ગરમ થઈ જાય છે. એનો અર્થ એમ કે તમારી આસપાસની હવા કરતાં તમારું શરીર સૂર્યમાંથી ગરમીને વધારે ઝડપથી શોષે છે. વચ્ચે રહેલી હવાને ગરમ કર્યા સિવાય સૂર્યની ગરમી તમારા સુધી પહોંચી રહી છે.

A 2.7 તડકા અને છાંયડામાં તાપમાન

નાનકડા સ્ટેન્ડ પર એક થર્મોમીટરને લટકાવી શકાય તેવી ગોઠવણ કરો. આ પ્રકારની બે ગોઠવણ તૈયાર કરો. તેમાંની એકને કોઈ મકાન કે ઝાડના છાંયડામાં મૂકો. જ્યારે બીજીને જ્યાં સીધો તડકો પડતો હોય ત્યાં મૂકો. સીધા તડકામાં મૂકેલા થર્મોમીટર પર બરાબર નજર રાખવી. જો તેનું તાપમાન ઝડપથી વધવા લાગે તો તેને ઝડપથી છાંયડામાં લઈ લેવું નહિતર તે કદાચ તૂટી પણ શકે છે. બંને થર્મોમીટરના માપમાં તફાવત છે ? જો થર્મોમીટરને લાંબા સમય સુધી તેમની જગ્યાએ છોડી દેવામાં આવે તો બંને થર્મોમીટરના માપન એકબીજા કરતાં કઈ રીતે જુદા પડે છે ? શા માટે ?

હમણાં આપણે જે ઉદાહરણો જોયા તે સૂચવે છે કે ઉષ્માનયન ઉપરાંત પણ ઉષ્માના પ્રસરણ માટેની અન્ય કોઈ રીત છે કે જે ઉષ્માને બધી દિશાઓમાં પ્રસરાવે છે. જોકે, આ તમામ કિસ્સાઓમાં માધ્યમની ગેરહાજરીમાં પણ ઉષ્માનું પ્રસરણ થાય છે. ઉષ્મા પ્રસરણની આ રીતને ઉષ્મા વિકિરણ (Radiation) કહે છે. આપણે હવે પછી જોઈશું એ મુજબ પ્રકાશની જેમ વિકિરણ પણ ચળકતી ધાતુની સપાટી પરથી પરાવર્તન પામે છે.



આકૃતિ 2.8 : બલ્બના પ્રકાશને પરાવર્તિત કરવા માટે ચંદરવાનો ઉપયોગ

A 2.8 ઉષ્માનું પરાવર્તન

એક 100 વોટનો પ્રકાશિત બલ્બ પરાવર્તન ચંદરવા સાથે લો. જો પરાવર્તન ચંદરવો ન મળે તો તમે એલ્યુમિનિયમની ફોઈલ વડે તે બનાવી શકો છો. પરંતુ એ વાતની કાળજી રાખવી કે ફોઈલ કોઈ વાયરને કે અન્ય વીજ જોડાણોનાં સંપર્કમાં ન આવે. આકૃતિ 2.8માં દર્શાવ્યા અનુસાર થોડું થીજેલું ઘી એક ચમચીમાં લઈને બલ્બની નીચે મુકો. બલ્બને ચાલુ કરો અને ઘીને ઓગળવા માટે લાગતાં સમયની નોંધ કરો. ત્યારબાદ ચંદરવાને બલ્બ પર રાખીને ફરી એક વખત ઘીને ઓગળવા માટે લાગતો સમય નોંધો. બંને માપનોની તુલના કરો. તમારા મતે ઘીને ગરમ કરવામાં પરાવર્તક ચંદરવાએ શી ભૂમિકા ભજવી હશે ?

સફેદ અને ચળકતી સપાટી ધરાવતા પદાર્થોની તુલનામાં કાળા અથવા ઘેરો રંગ ધરાવતા પદાર્થોને તડકામાં મૂકતાં તે ઝડપથી ગરમ થઈ જાય છે. એક જ પદાર્થની બનેલ બે વસ્તુઓ પૈકી ચળકતી સપાટી ધરાવતી વસ્તુ કરતાં ખરબચડી સપાટી ધરાવતી વસ્તુ વધારે સહેલાઈથી ગરમ થાય છે. આનું કારણ એ છે કે ખરબચડી સપાટી કરતાં લીસી સપાટી સૂર્યની ગરમીનું પરાવર્તન વધારે કરે છે. ઉષ્માનયન અને ઉષ્માવહનની ગેરહાજરીમાં જુદા-જુદા પદાર્થોની ગરમી શોષવાની ક્ષમતા કેટલી આશ્ચર્યજનક રીતે જુદી-જુદી છે તે સમજવા માટે ચાલો એક પ્રયોગ કરીએ.

A 2.9 ઝાંખી અને ચળકતી, કાળું અને સફેદ

ટીનની કે એલ્યુમિનિયમની એક જાડી ફોઈલ લો. ઓરીગામીના વિચારોનો ઉપયોગ કરીને કે પછી તમારા પોતાના વિચારોની મદદથી આ ફોઈલમાંથી બે કપ તૈયાર કરો. કપ લગભગ એકસમાન હોવા જોઈએ તેમજ 50 મિલિનું કદ ધરાવતાં હોવા જોઈએ. કપનું મોઢું તેના બાકીના ભાગના વ્યાસ કરતાં નાનું હોય તે આવકારદાયક છે. તેમાંના એક કપને ચિપીયાની મદદથી મીણબત્તી કે કેરોસીનના દિવાની જ્યોત પર એ રીતે પકડો કે જેથી જ્યોત તેને અડકે નહિ પરંતુ જ્યોતમાંથી નીકળતી મેશ તેના બહારના ભાગ પર જમા થાય. હવે બંને કપમાં મીણનું એક-એક ટપકું મૂકો અને બંને કપને તડકામાં રાખી દો. શું થાય છે તે જુઓ અને તમારા અવલોકનોને સ્પષ્ટ કરો.

2.4 સુવાહકો અને અવાહકો

આપણે રાંધવા માટે હંમેશા ધાતુની તપેલી કે કડાઈનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આપણે કાચના બાઉલનો ઉપયોગ કરતાં નથી. જોકે આપણે ચા પીવા માટે ધાતુના નહિ પરંતુ કાચના કે સિરામીકના કપનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આમ કરવા પાછળનું કારણ શું છે ? શું તમે એવા બીજા ઉદાહરણો વિચારી શકો છો કે જેમાં આપણે કેટલાક પદાર્થની ઉષ્માના પ્રસરણને અવરોધવાની શક્તિનો ઉપયોગ આપણા ફાયદા માટે કરીએ છીએ ? આ પ્રકારના પદાર્થને અવાહકો કહેવામાં આવે છે.

ટેબલ 2.1 : કેટલાક સામાન્ય પદાર્થોની ઉષ્મા વાહકતા

પદાર્થ	**ઉષ્મા વાહકતા (*cal/cm.s/°C*)**
ચાંદી	1.01
તાંબુ	0.99
સ્ટીલ	0.012
કાચ	0.0025
પોલીથીલીન	0.00006

ઘણાં કિસ્સામાં ઉષ્માના વહનને અવરોધવું ખૂબ જ અગત્યનું હોય છે. જ્યારે આપણે શિયાળાના ઠંડા દિવસો દરમિયાન બહાર જઈએ છીએ ત્યારે સ્વેટર પહેરીએ છીએ. વિશ્વના કેટલાક અત્યંત ઠંડા પ્રદેશોમાં લોકો ગરમ કપડાંના ઘણાં થર પહેરે છે. ઘણી વખત બળતણ બચાવવા માટે ફેક્ટરીઓમાં ગરમીનો વ્યય થતો રોકવો જરૂરી હોય છે. અનુભવે આપણે ઘણી અવાહક વસ્તુઓ તૈયાર કરી શક્યા છીએ. ટેબલ 2.1 કેટલાક પદાર્થોનું વાહકતા મૂલ્ય દર્શાવે છે.

ટેબલમાં રહેલ માહિતી પરથી એવું લાગી શકે છે કે આપણે ધાતુના બદલે પોલીથીનની સાણસી કે ચીપિયા વાપરતાં હોઈશું, પરંતુ વાસ્તવમાં આપણને આવા ચીપિયા કે સાણસી જોવા મળતાં નથી. જોકે કડાઈ અથવા પ્રેશર કુકરના હેન્ડલ પ્લાસ્ટિક દ્વારા કવર થયેલા જોઈ શકાય છે. આવું કેમ હોય છે ? ચીપિયો કે સાણસી ટૂંકા હોત તો શું થાત ? અથવા સ્ટવ પરની લોઢી કે કડાઈને આપણે સાણસી કે ચીપીયા વડે લાંબો સમય માટે પકડી રાખવાના હોત તો શું થાત ? વસ્તુની ઉપયોગીતા અથવા તેની ડિઝાઈન ઘણીબધી બાબતો પર આધાર રાખે છે. સાણસી કે ચીપિયાની પાછળનો તર્ક કેટલીક બાબતો પર આધારિત હોય છે. જેમકે પદાર્થની વાહકતા, ચીપિયામાં વપરાયેલ પદાર્થનું ગલનબિંદુ, ગરમ પદાર્થથી વાપરનારનું અંતર, ઉપયોગની સરળતા અને ટકાઉપણું.

ગરમ અને ઠંડાનું સ્પર્શ સંવેદન

આપણાં અગાઉના પ્રયોગો પરથી આપણને ખબર છે કે ઓરડામાં રહેલી વસ્તુઓ છેવટે એક સામાન્ય તાપમાન પર પહોંચે છે. જોકે તમે જોયું હશે કે વસ્તુઓને લાંબા સમય સુધી એકસમાન વાતાવરણ અથવા પરિસ્થિતિમાં છોડી દેવામાં આવે તો પણ આપણને તે એકસમાન ઠંડી કે ગરમ લાગતી નથી. પાથરેલી શેતરંજી કરતાં પોલીશ કરેલ લાદી વધારે ઠંડી લાગશે, પરંતુ ખરબચડા પથ્થરમાંથી બનેલ લાદી ઓછી ઠંડી લાગશે. લોખંડનો બાંકડો તડકામાં છોડી દેવામાં આવે તો એ જ સ્થાને મૂકેલા લાકડાના બાંકડા કરતાં વધારે ગરમ લાગે છે.

કેટલાય પરિબળોના પરિપાકરૂપે આ સામાન્ય અવલોકનો જોવા મળે છે. આપણે સૌપ્રથમ આ પરિબળોની નોંધ કરીશું અને ત્યારબાદ ઉપરની પરિસ્થિતિઓ પર લાગુ પાડીશું. (a) આપણે કોઈ વસ્તુને અડવાથી ગરમ ત્યારે જ અનુભવી શકીએ જ્યારે વસ્તુની ગરમી આપણી ચામડીમાં પ્રસારિત થઈ રહી હોય. આ જ રીતે આપણે કોઈ વસ્તુને ઠંડી ત્યારે જ અનુભવી શકીએ જ્યારે ગરમી આપણી ચામડીમાંથી તે વસ્તુમાં પ્રસારિત થતી હોય. (b) ધાતુઓ ઉષ્માની સારી સુવાહક છે અને તેઓની વિશિષ્ટ ઉષ્માનું મૂલ્ય અધાતુઓ કરતાં ઓછું હોય છે. (c) તાપમાનમાં થતો વધારો પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્મા પર આધાર રાખે છે. (d) લીસી કઠણ સપાટી કરતાં ખરબચડી કઠણ સપાટી આપણાં શરીર સાથે નબળો સંપર્ક બનાવે છે.

પોલીશ કરેલી લાદી કરતાં ખરબચડી લાદી ઓછી ઠંડી લાગે છે કારણ કે ખરબચડાપણું ચામડી સાથેનું તેનું સંપર્ક ક્ષેત્રફળ ઘટાડે છે અને પરિણામે

ચામડીમાં ઓછી ઉષ્મા પ્રસારિત થાય છે. લાદીની સરખામણીએ શેતરંજી ઓછી ઠંડી લાગે છે કારણકે તે ઉષ્માની મંદવાહક છે અને તેથી ચામડીમાંથી શેતરંજી તરફ ઓછી ઉષ્મા પ્રસરિત થાય છે. ધાતુની તપેલી પ્લાસ્ટીકના પાટા કરતાં વધારે ઠંડી લાગે છે કારણ કે ઉષ્મા આપણી ચામડીમાંથી ખૂબ જ ઝડપથી પ્રસારિત થઈ જાય છે. આનું કારણ તાપમાનનો તફાવત નથી કેમકે બંને વાસણનું તાપમાન તો લગભગ સરખું જ છે. પરંતુ આવું થવાનું કારણ ધાતુની ઉચ્ચ ઉષ્માવાહકતા છે. તડકામાં રાખેલી બે બેંચના કિસ્સામાં જોઈએ તો ઉષ્માવાહકતાને લીધે થતા સંવેદનમાં તફાવત ઉપરાંત તાપમાનમાં પણ તફાવત હોય શકે છે. હકીકતે ધાતુથી બનેલી બેંચનું તાપમાન લાકડાંની બેંચના તાપમાન કરતાં વધુ હોય છે. જ્યારે તડકામાં મૂકવામાં આવે ત્યારે બંને બેંચ વિકિરણથી ગરમ થાય છે. ધાતુની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ઓછી હોવાથી ધાતુની બેંચનું તાપમાન લાકડાની બેંચ કરતાં વધુ હોય છે. ભલે તેમાં લાકડાં કરતાં વિકિરણનું શોષણ ઓછું થતું હોય.

2.5 ઉષ્માના પ્રસરણનો અટકાવ

આપણે શરીરને ગરમ રાખવા માટે શિયાળામાં ઊનના કપડાં પહેરીએ છીએ. બરફના પીગળવાનાં સમયગાળામાં વધારો કરવા માટે આપણે તેને શણના કોથળાથી ઢાંકીએ છીએ અથવા તેની આસપાસ લાકડાનો વ્હેર કે ભૂંસુ નાખીએ છીએ. આ ઢાંકેલા કે લપેટવામાં આવેલા પદાર્થની કઈ ભૂમિકા હોય છે ? ધારો કે તમે બરફના બે એકસમાન ટુકડાઓ લઈને જુદી-જુદી રકાબીમાં મૂકો છો અને તેમાંના એકને નાળિયેરનાં છોતરાં કે લાકડાના વ્હેર કે પછી ઊનના દોરા વગેરેમાંથી કોઈ એક દ્વારા ઢાંકી દો છો. બરફનો કયો ટુકડો પહેલાં પીગળશે ? શા માટે ?

ઉપરના ઉદાહરણોમાં આપણે પસંદગીના પદાર્થ તરફ કે તેમાંથી બહારની તરફ થતું ઉષ્માનું પ્રસરણ અટકાવવાનો પ્રયત્ન કરીએ છીએ. આ માટે આપણે તેને ઉષ્માના મંદવાહક દ્વારા ઢાંકી દઈએ છીએ. ઉષ્માનું પ્રસરણ ઉષ્માવહન, ઉષ્માનયન અને ઉષ્મા વિકિરણ દ્વારા થતું હોવાથી આપણે તેના પ્રસરણને અટકાવવા માટે પ્રસરણના આ ત્રણેય માર્ગો પર અંકુશ લાદવો પડશે.

ચાલો, આપણે શિયાળામાં પોતાની જાતને ગરમ રાખવા માટે કરવામાં આવેલ ઊનની પસંદગીની તપાસ કરીએ. હવા એ ઉષ્માની મંદવાહક છે પરંતુ તે ઉષ્માનયન દ્વારા ઉષ્માનું સરળતાથી પ્રસરણ કરે છે. આથી હવા સ્થિર અથવા બંધાયેલી હોવાની શરતે તમે તેનો ઉષ્માના અવાહક તરીકે ઉપયોગ કરી શકો છો. કહેવાતા ગરમ કપડામાં આવું ખૂબ જ અસરકારક રીતે બને છે. ઊનમાં રહેલા નાના છિદ્રો હવાને પકડી રાખે છે. સુતરાઉ કાપડ પણ છિદ્રાળું હોય છે, પરંતુ થોડું ઓછું અને આ ઉપરાંત તેના વણાટની ગીચતા વધારે હોવાથી તેમાં જકડાયેલ હવાનું કદ ખૂબ ઓછું હોય છે. આ ઉપરાંત ઊનના તાતણાં કરતાં સૂતરના તાતણાંમાં રહેલ રિક્ત અવકાશ ઓછો હોય છે. આથી કોઈ ચોક્કસ જાડાઈ માટે સુતરાઉ કાપડ કરતાં ઊન વધારે અવરોધક છે. એક સુતરાઉ કોટ કરતાં તેટલી જ જાડાઈનો ઊનનો કોટ આપણા શરીરને ગરમ

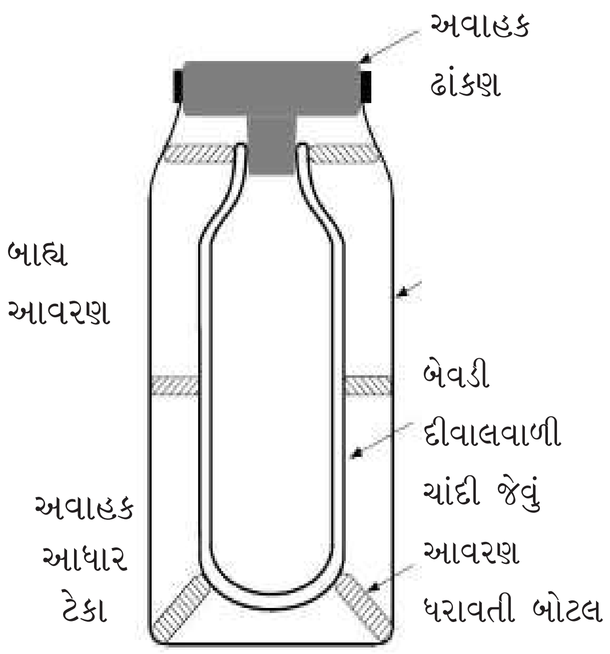
રાખવામાં વધારે અસરકારક છે. આ જ રીતે બેવડી જાડાઈ ધરાવતા એક ધાબળા કરતાં એકબીજા પર રાખેલા બે પાતળા ધાબળા વધારે અસરકારક છે.

પક્ષીઓના પીંછા પણ તેઓને ઠંડીથી બચાવવા માટે ઉષ્માના અવરોધની એક અદ્ભૂત પ્રણાલી ધરાવે છે. આ પ્રણાલી હવાને જકડી રાખવાના તેમજ છિદ્રાળુ અવાહક કુદરતી પોલીમર (કેરોટીન) પર આધારિત છે. એ બાબત કદાચ નવાઈજનક લાગશે કે કેટલીક પ્રજાતિઓ સૂર્યના આકરા તાપથી બચવા માટે પ્રાણીઓના રુંવાટીવાળા ચામડામાંથી બનેલા ધાબળાઓનો ઉપયોગ કરે છે. ઠંડી ઋતુમાં પોતાની જાતને પવનથી બચાવવી ખૂબ જ જરૂરી છે કારણકે ઠંડી હવા તમારા ખુલ્લા શરીરમાંથી પુષ્કળ ગરમી ખેંચીને લઈ જઈ શકે છે. આપણે કોઈપણ પ્રકારના કપડાં પહેરીએ પણ એ જરૂરી છે કે તેમાં પરસેવો સૂકાવો જોઈએ અન્યથા આપણું શરીર છેવટે ખૂબ જ ચીકણું થઈ જશે. ઊન આ બાબતમાં પણ સારું પુરવાર થાય છે.

ઘરમાં, ઉદ્યોગોમાં કે અન્ય ઘણાં સ્થાનો પર એવા અનેક પ્રસંગો મળી આવે છે કે જ્યાં ઉષ્માનું સંરક્ષણ અથવા ઉષ્માના પ્રસરણનો અટકાવ ખૂબ જ મહત્ત્વ ધરાવે છે. ઉદ્યોગોમાં ઠંડા પાણીને લઈ જતી પાઈપલાઈન અથવા મોટા એરકંડીશન પ્લાન્ટમાં રહેલી પાઇપલાઇન પર ચળકતી બાહ્ય સપાટી ધરાવતી છિદ્રાળુ અથવા વાદળી જેવી સામગ્રીનું ઉષ્મા અવરોધક આવરણ ચઢાવેલ હોય છે. તે બહારની તરફથી પાઈપમાં રહેલા ઠંડા પાણી તરફના ઉષ્મા પ્રસરણને અટકાવે છે. ઉષ્માનો વ્યય અટકાવવા માટે તમારા ધ્યાન પર હોય એવા કેટલાંક ઉપાયોની યાદી બનાવો.

થર્મોસ ફ્લાસ્ક

થર્મોસનો ઉપયોગ વસ્તુને લાંબા સમય સુધી ગરમ કે ઠંડી રાખવા માટે કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે ખોરાક માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે. પરંતુ પ્રયોગશાળામાં કેટલાંક પદાર્થોના સંગ્રહ માટે પણ તે ઉપયોગમાં લેવાય છે. આદર્શ થર્મોસ કેવું હોવું



આકૃતિ 2.9 : થર્મોસ ફ્લાસ્કની રચના

જોઈએ ? થર્મોસે અંદરની ગરમીને બહારની તરફ વહી જતી અટકાવવાનું કે તેનાથી ઊલટું કામ કરવાનું હોય છે. એનો મતલબ એમ થાય કે તેની ડિઝાઈન એવી હોવી જોઈએ કે જેથી ઉષ્માવહન, ઉષ્માનયન અને ઉષ્માવિકિરણ એ ત્રણેયને અટકાવે. અવાહક સામગ્રીના ઉપયોગ દ્વારા તેમજ અંદરની અને બહારની સપાટી વચ્ચેનું સંપર્ક ક્ષેત્રફળ ઓછું કરીને ઉષ્માવહનને ઘટાડી શકાય છે. પાત્ર અને તેની આસપાસની હવા વચ્ચેનો સંપર્ક દૂર કરીને

ઉષ્માનયનને ઘટાડી શકાય છે. આનો અર્થ એમ થાય કે થર્મોસ આદર્શ રીતે એકની અંદર બીજું એમ બે પાત્રો ધરાવતું હોવું જોઈએ તેમજ તે બે વચ્ચે રહેલ અવકાશમાંથી હવા કાઢી લેવી જોઈએ. (શૂન્યાવકાશ). ઉષ્મા વિકિરણ અટકાવવા માટે પાત્રની સપાટી લીસી અને ખૂબ જ ચળકતી હોવી જોઈએ.

વ્યવહારુ અને સંપૂર્ણતાની નજીકનો થર્મોસ વિકસાવવામાં ઘણો સમય લાગ્યો. આજે આપણે જે થર્મોસ વાપરીએ છીએ તેનો યશ જેમ્સ ડેવરના ફાળે જાય છે. ડેવરનું થર્મોસ ઉપરથી એકબીજા સાથે જોડાયેલ હોય તેવું બેવડી કાચની દીવાલોવાળું પાત્ર ધરાવે છે. બહારની દીવાલની અંદરની સપાટી અને અંદરની દીવાલની બહારની સપાટી પર ચાંદી જેવો ઢોળ ચઢાવેલ હોય છે તેમજ બે દીવાલો વચ્ચેની હવા કાઢી નાખીને શૂન્યાવકાશ ધરાવતા ભાગને ચુસ્ત રીતે બંધ કરી દેવામાં આવે છે. કાચના પાત્રને બંધ કરતું ઢાંકણ અવાહક પદાર્થનું બનેલું હોય છે. ત્યારબાદ આ કાચને મોટા પ્લાસ્ટિકના પાત્રમાં હવાનો અવકાશ રહે તે રીતે મૂકવામાં આવે છે. તે બે વચ્ચેનું સંપર્ક ક્ષેત્રફળ ઓછામાં ઓછું રહે તે માટે કાચને નાના-નાના ટેકાની મદદથી આધાર પૂરો પાડવામાં આવે છે. આકૃતિ 2.9માં આ પ્રકારના થર્મોસનું રેખાચિત્ર દર્શાવેલ છે.

ડેવરના થર્મોસ ફ્લાસ્કને હવે બદલવામાં આવી રહ્યો છે. નવી ડીઝાઇનમાં બે દીવાલો ધરાવતું પાત્ર (સામાન્ય રીતે અંદરની તરફ સ્ટેનલેસ સ્ટીલ અને બહારની તરફ પ્લાસ્ટિક) લેવામાં આવે છે. જેમાં બે દીવાલોની વચ્ચે અવાહક તેમજ છિદ્રાળુ પોલીમરનું જાડું પડ રાખવામાં આવે છે. આ ડીઝાઈન ખૂબ જ વ્યવહારું અને ટકાઉ હોવા છતાં ડેવરના ફ્લાસ્ક કરતાં ઓછી અસરકારક છે.

સારાંશ

- *પદાર્થની અંદર ઉષ્માનું પ્રસરણ ઊંચા તાપમાનવાળા ભાગ તરફથી નીચા તાપમાનવાળા ભાગ તરફ થાય છે.*

- *ઘન પદાર્થોમાં થતા ઉષ્માના પ્રસરણને ઉષ્માવહન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રવાહી અને વાયુમાં પણ ઉષ્માવહન થઈ શકતું હોવા છતાં તેમાં ઉષ્માનયન એ ઉષ્માના પ્રસરણ માટેની પ્રબળ રીત છે. તેમાં માધ્યમમાં રહેલા દ્રવ્યના સમગ્રલક્ષી હલનચલનનો સમાવેશ થાય છે.*

- *ચા માટેનું પાણી ઉકાળતી વખતે તેની તપેલીને ઢાંકવા જેવી સામાન્ય ક્રિયા પણ પાણીની ઉપલી સપાટી પર હવામાં ઉષ્માનયન દ્વારા થતા ઉષ્માના વ્યયને અટકાવી શકે છે.*

- *માધ્યમની ગેરહાજરીમાં પણ ઉષ્માનું પ્રસરણ થઈ શકે છે. આ પ્રકારના ઉષ્મા પ્રસરણને વિકિરણ દ્વારા પ્રસરણ કહેવામાં આવે છે. હળવા રંગના અને ચળકતાં પદાર્થો તેમના પર પડતી મોટાભાગની ઉષ્માનું પરાવર્તન કરે છે. જ્યારે ઘેરા રંગની અને ખરબચડી અથવા ઝાંખી સપાટી ધરાવતા પદાર્થો તેમનાં પર પડતી મોટાભાગની ઉષ્માનું શોષણ કરે છે.*

- *કેટલાક પદાર્થો અન્ય પદાર્થોની તુલનામાં પોતાનામાંથી ઉષ્માને ઝડપથી પ્રસારિત થવા દેતા નથી. આ પ્રકારના પદાર્થોને અવાહકો કહેવામાં આવે છે. ધાતુઓ ઉષ્માનું અસરકારક રીતે પ્રસરણ કરે છે તેમજ તેઓ વિકિરણોનું પણ અસરકારક રીતે પરાવર્તન કરે છે.*

પ્રકરણ-3

ઉષ્માની અસરો

આ પ્રકરણમાં આપણે પદાર્થ પર થતી ઉષ્માની ભૌતિક અસરો અંગે અભ્યાસ કરીશું. આપણાં રોજીંદા અનુભવોના આધારે પદાર્થોનું વિસ્તરણ અથવા પદાર્થની અવસ્થાનું રૂપાંતરણ જેવા પરિવર્તનો આપણે જાણીએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે, બરફનું પાણીમાં થતું રૂપાંતરણ અથવા પાણીનું વરાળમાં થતું રૂપાંતરણ વગેરે. આપણે આ બાબતોને વિગતે જોઈશું.

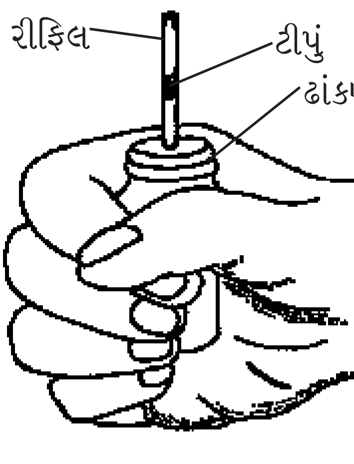
3.1 ઉષ્મા અને વિસ્તરણ

ચાલો વાયુ પર થતી ઉષ્માની અસરથી શરૂઆત કરીએ.

A 3.1 વાયુઓનું વિસ્તરણ

બોલપેનની એક ખાલી રીફિલ તેમજ ચુસ્ત ઢાંકણ ધરાવતી ઈન્જેક્શનની એક ખાલી બોટલ લો. રીફિલની ટાંકને કાઢી નાખો. બોટલના ઢાંકણમાં જાડી સોયની મદદથી કાણું પાડીને તેમાં રીફિલને બરાબર ચુસ્ત રીતે નાખો. રીફિલમાં રંગીન પાણીનું એક ટીપું સરકાવો. આ માટે તમે ટાંકણીની મદદ લઈ શકો છો. જો તમે ઢાંકણને ઝડપથી ખોલીને બંધ કરશો તો પાણીનું ટીપું સહેલાઈથી અંદર સરકી જશે. પાણીનું ટીપું બોટલમાં નીચે સરકી ન જાય તેની કાળજી રાખવી. તમારી બંને હથેળીઓને પૂરજોશથી ઘસો. હવે બોટલને તમારી હથેળીઓ વચ્ચે દબાવીને પકડી રાખો (જુઓ આકૃતિ 3.1). પાણીનાં ટીપાનું શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો અને તમારા અવલોકનોનું સ્પષ્ટીકરણ કરો. બોટલની અંદર રહેલ હવાના કદમાં શો ફેરફાર થયો ?

હવે થોડી મજા આવશે. એક વપરાયેલી પાણીની બોટલ (PET - Polyethylene Terepthalateની બનેલ) લો. ઢાંકણું દૂર કરીને તેમાં થોડું પાણી ઉમેરો. એક સિક્કો તેના મોં પર દબાવો અને બોટલને ઊંધી કરો. જેથી સિક્કો બરાબર પલળી જાય. પાણી બહાર નીકળી ન જાય તેની કાળજી લેવી. હવે સિક્કાને ખલેલ ન પહોંચે તે રીતે બોટલને સીધી ઊભી રાખી દો. તમારી હથેળીઓને ઘસીને ગરમ કરો અને બોટલને હળવેથી



આકૃતિ 3.1 હથેળીની ઉષ્મા દ્વારા બોટલમાં રહેલ હવાનું વિસ્તરણ

પરંતુ બરાબર કસીને પકડો જેથી તમારી હથેળીઓ અને બોટલ વચ્ચે પૂરતો સંપર્ક થાય પરંતુ બોટલ દબાઈ ન જાય તે વાતની ખાતરી કરવી. શું થાય છે તે જુઓ. તમે શું જોયું તે સમજાવો. આ પ્રયોગમાં પાણીની ભૂમિકાને સ્પષ્ટ કરો.

શું પ્રવાહીને ગરમ કરવાથી તે વાયુની જેમ જ વર્તશે ?

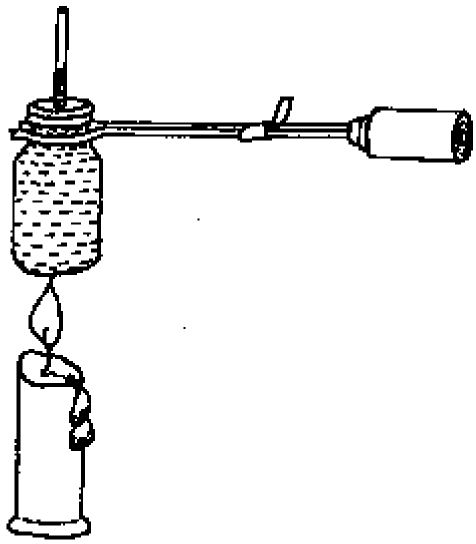
A 3.2 પ્રવાહીનું વિસ્તરણ

ચાલો, આ જ પ્રયોગને ફરીથી કરીએ પરંતુ આ વખતે પાણી સાથે. અગાઉ રીફિલમાં ટીપાં તરીકે જે રંગીન પાણીનો ઉપયોગ કરેલ હતો તે જ રંગીન પાણી વડે ઈન્જેક્શનની બોટલને પૂરેપૂરી ભરી દો. બોટલમાં સહેજ પણ હવા ન રહે અને રીફિલમાંથી પાણીનું સ્તર સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય તેની ખાતરી કરો. હવે હથેળીઓને ઘસીને ગરમ કરો અને ગરમ હથેળીઓમાં બોટલને થોડા સમય માટે પકડી રાખો. શું થાય છે તે જુઓ. તમે હવાના કિસ્સામાં જે પ્રકારના ફેરફાર જોયા હતા તે પ્રકારના કોઈ ફેરફાર દેખાય છે ? હવે બોટલને ચીપિયા વડે પકડીને મીણબત્તી ઉપર પકડી રાખો. (જુઓ આકૃતિ 3.2). શું રીફિલમાં પાણીનાં સ્તરમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ? તમારી હથેળીઓ વડે અને મીણબત્તીની જ્યોત વડે ગરમ કરવાથી જોવા મળતાં તફાવત માટેનું કારણ શોધો.

બંને પ્રવૃત્તિઓમાં તમે જોયું હશે કે રીફિલની નાનકડી નળીમાં પાણીનાં સ્તરમાં વધારો જોવા મળે છે. તે શા માટે ઉપર ચઢે છે ? પાણીના કિસ્સામાં બોટલને ગરમ હથેળીઓ વડે પકડવાથી તે શા માટે વધતું નથી ? બોટલને જ્યારે ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તેમાં રહેલ હવા અથવા પાણીના કદનું શું થયું ? તમે ગરમ કરવાનું બંધ કર્યું ત્યારે શું થયું ?

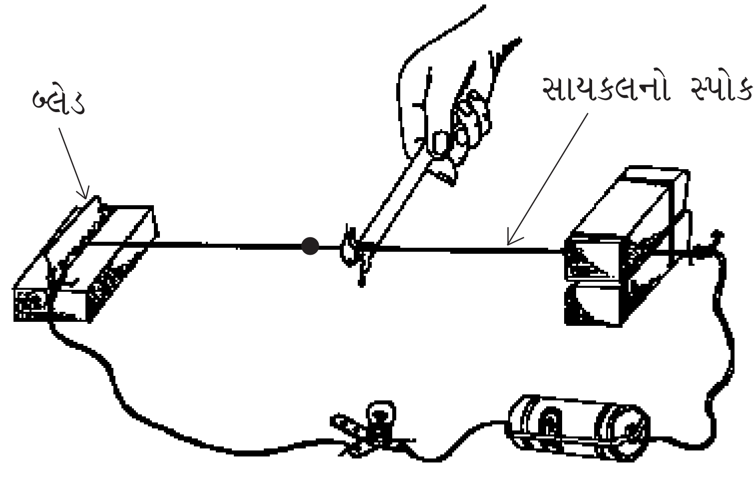
A 3.3 ઘન પદાર્થમાં વિસ્તરણ

ચાલો હવે આપણે જોઈએ કે ઘન પદાર્થને ગરમ કરતાં શું થાય છે ? તમારે કેટલીક વસ્તુઓ ભેગી કરવી પડશે : સાઈકલનો સ્પોક, થોડા નાના-નાના વાયરો, બેટરી અને બલ્બ, મીણબત્તી અને માચીસ, લાકડાના લંબઘન ટુકડા પર વીંટાળેલ ટીન અથવા એલ્યુમિનિયમની ફોઈલ અને કેટલાંક પથ્થરના ટુકડા અથવા પેપરવેટ્સ. આકૃતિ 3.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર સાયકલનો સ્પોક એક ભાગ હોય એવો એક વીજ પરિપથ તૈયાર કરો. શરૂઆતમાં સ્પોકને બ્લેડ અડકવા દો અને ખાતરી કરો કે વીજ પરિપથ બરાબર છે અને બલ્બ પ્રકાશિત થાય છે. જો બલ્બ પ્રકાશિત ન થાય તો તમામ જોડાણોને ચકાસો અને તેઓને કાચપેપર અથવા બ્લેડના ટુકડાથી ઘસીને સાફ કરો. હવે બ્લેડ અને સ્પોક વચ્ચે કાગળનો એક નાનો ટુકડો સરકાવીને નાનકડી જગ્યા ઊભી કરો. શું બલ્બ બંધ થઈ ગયો ? હવે પેપરને ધીમેથી સરકાવીને દૂર કરો. વીજ પરિપથને કોઈ નુકસાન ન પહોંચે તેની કાળજી લેવી. સ્પોકને ગરમ કરો અને જુઓ કે શું થાય છે ? શું બલ્બ ફરીથી પ્રકાશિત થાય છે ?



આકૃતિ 3.2 : મીણબત્તીથી ગરમ કરતાં પાણીનું વિસ્તરણ

શું તમે સમજાવી શકશો કે સ્પોકને ગરમ કર્યા બાદ બલ્બ પ્રકાશિત શા માટે થયો ? સ્પોકમાં એવો



આકૃતિ 3.3 : ગરમ કરવાથી ઘન પદાર્થની લંબાઈમાં વધારો

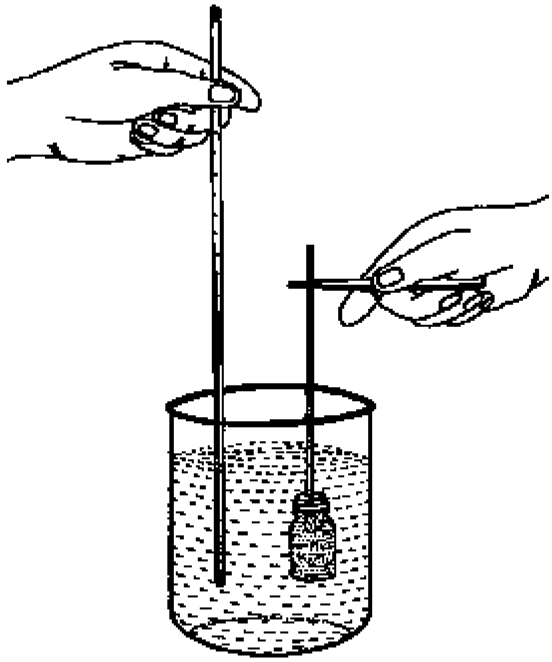
કેવો ફેરફાર થયો કે જેથી વીજ પરિપથ ફરીથી પૂર્ણ બન્યો ? તમે ગરમ કરવાનું બંધ કર્યાના થોડા સમય બાદ શું થયું ?

સ્પોક અને બલ્બ સાથેના પ્રયોગમાં તમે જોયું કે સ્પોકને ગરમ કરવાથી તે વિસ્તરણ પામતાં તેની લંબાઈ વધે છે. ચાલો હવે સ્પોક અને બ્લેડ વચ્ચેની જગ્યા થોડી વધારીને આ જ પ્રયોગ ફરીથી કરીએ. તમે કાગળનો એક ટુકડો સરકાવ્યા બાદ બીજા તબક્કામાં બે ટુકડાની પટ્ટી સરકાવીને અથવા થોડોક જાડો ટુકડો લઈને આ જગ્યામાં વધારો કરી શકો છો. શું આ જ મીણબત્તી વડે આટલાં જ સમય માટે સ્પોકને ગરમ કરવાથી વચ્ચે રહેલ જગ્યા ભરાય જાય છે ? તમે લાંબા સમય માટે ગરમ કરો છો ત્યારે શું થાય છે ? શું આપણે સ્પોકને સતત ગરમ કરીને વચ્ચેની આ જગ્યામાં અનિયત (Indifinite) વધારો કરી શકીએ ?

ધારો કે તમે સ્પોકને એકને બદલે બે મીણબત્તી દ્વારા ગરમ કરો છો. તમે તમારા અવલોકનોમાં કેવા ફેરફારની અપેક્ષા રાખો છો ? તમારા અનુમાનની ચકાસણી કરવા માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. ગરમ કરતાં સ્પોકની લંબાઈમાં વધારો થાય છે. તેની જાડાઈ (વ્યાસ)માં શો ફેરફાર થતો હશે ? ધારો કે તમે સ્પોકને બદલે ટૂંકો પરંતુ જાડો સળિયો (બંને સ્ટીલના બનેલા તેમજ સમાન દળ ધરાવતા) લઈને આ પ્રયોગનું બિલકુલ એ જ રીતે પુનરાવર્તન કરો છો તો શું એટલા જ સમય માટે સળિયાને ગરમ કરવાથી વીજ જોડાણ પુનઃ સ્થાપિત થશે ?

A 3.4 સાદું થર્મોમીટર

અગાઉની પ્રવૃત્તિઓ મુજબ એક નાની ઈન્જેક્શન બોટલ અને રીફિલ લો. બોટલને કેરોસીનથી પૂરેપૂરી ભરી દો અને તેને રીફિલ નાખેલા ઢાંકણા વડે ચુસ્ત રીતે બંધ કરી દો. આ ક્રિયાને હળવેથી કરો કે જેથી કેરોસીન ઢોળાય નહીં અને રીફિલમાં ધીમે રહીને ઉપર ચઢે. (જુઓ આકૃતિ 3.4). આપણું થર્મોમીટર તૈયાર છે ! હવે આપણા થર્મોમીટરની તુલના પ્રયોગશાળાના થર્મોમીટર સાથે કરો. તેઓ વચ્ચે કઈ સામ્યતાઓ અને ભેદ જોવા મળે છે ? બંને થર્મોમીટરને ગરમ પાણીમાં પકડી રાખો. શું આપણા કેરોસીન થર્મોમીટરે મહત્તમ ઊંચાઈ સુધી પહોંચવા માટે વધારે સમય લીધો કે પછી પ્રયોગશાળાના થર્મોમીટરે ? આમ થવા પાછળ શું કારણ હોઈ શકે ? થર્મોમીટરના માધ્યમ



આકૃતિ 3.4 તેલ-આધારિત સુધારેલા થર્મોમીટરની પ્રયોગશાળાના થર્મોમીટર સાથે તુલના

તરીકે યોગ્ય બનવા માટે પદાર્થમાં કયા ગુણધર્મો હોવા જોઈએ ?

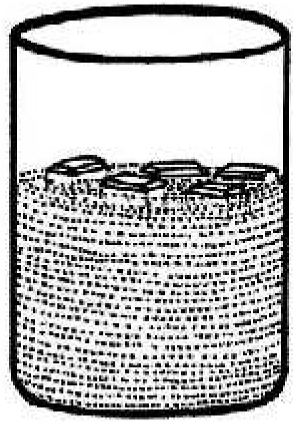
ચાલો આપણા પરિણામોને ઘન, પ્રવાહી અને વાયુના વિસ્તરણના સંદર્ભમાં સરખાવીએ. યાદ કરો કે હથેળીઓને ઘસીને પૂરી પાડવામાં આવેલ થોડીક ઉષ્મા પણ વાયુઓના વિસ્તરણ માટે પૂરતી હતી, પરંતુ સમાન કદ હોવા છતાં તે પાણી માટે પૂરતી ન હતી. એનો અર્થ એમ થયો કે તાપમાનમાં થતો નાનકડો ફેરફાર પણ વાયુઓના કદમાં નોંધપાત્ર ફેરફાર કરે છે. એ વાતની પણ નોંધ લેવી જરૂરી છે કે સમાન કદ ધરાવતા પાણીનાં દળ કરતાં હવાનું દળ ઘણું ઓછું હોય છે. નોંધપાત્ર વિસ્તરણ માટે પ્રવાહી કરતાં ઘન પદાર્થમાં તાપમાનનો ખૂબ મોટો ફેરફાર થવો જરૂરી છે. આપણા અવલોકનોના સારરૂપે આપણે કહી શકીએ કે સમાન કદ માટે તાપમાનમાં કરેલ ચોક્કસ વધારા દ્વારા વાયુ કરતાં પ્રવાહી અને પ્રવાહી કરતાં ઘન ઓછું વિસ્તરણ પામે છે. શું આપણે હવે એમ કહી શકીએ કે વિસ્તરણ એ પદાર્થ કેટલો ગરમ છે તેનું માપ દર્શાવે છે ?

3.2 અવસ્થા પરિવર્તન

જો આપણે મીણ અથવા ઘી જેવા ઘન પદાર્થોને લાંબા સમય સુધી ગરમ કરીએ તો શું થશે ? પ્રયત્ન કરીને જુઓ. તમે જોશો કે તે પીગળે છે, પરંતુ જો તેને ગરમ કરવામાં ન આવ્યું હોત તો તે પીગળત ? જો તમે બરફના એક ટુકડાને રકાબીમાં છોડી દો તો શું થશે ? તે પાણીમાં ફેરવાઈ જશે. આથી આપણે કહી શકીએ કે બરફ એ પાણીનું ઘનસ્વરૂપ છે. બરફને પાણીમાં રૂપાંતરિત કરતી આ ઉષ્મા આવી ક્યાંથી ? જો આપણે બરફને મીણની માફક ગરમ કર્યો હોત તો તે ઓછા કે વધુ સમયમાં પીગળ્યો હોત ?

સોલ્ડરીંગ માટેનો થોડોક વાયર અથવા ટીનનો ટુકડો (કે જે તમે ટીનના કારીગરો પાસેથી મેળવી શકો) લો અને તેને જ્યોત પર પકડી રાખો. શું થાય છે તે જુઓ. શું તે ઘનમાંથી પ્રવાહીમાં ફેરવાઈ ગયો ? શું જે તપેલીમાં તમે પાણી ગરમ કરો છો તે પણ પીગળે છે ?

પાણીથી ભરેલી એક નાની તપેલી લો અને તેને એક કોરાં ઢાંકણ વડે ઢાંકી દો. ઢાંકણું બરાબર બંધબેસતું પણ વધારે પડતું ચૂસ્ત ન હોય તેની ખાતરી કરો. સ્ટવ પર તપેલીને ગરમ કરો અને તેના તરફ ધ્યાન આપો. શું તમને ધીમો અવાજ સંભળાય છે કે જે ધીમે-ધીમે વધી રહ્યો હોય ? જ્યારે આવું બને ત્યારે ગરમ કરવાનું બંધ કરીને કાળજીપૂર્વક ઢાંકણને ઉઠાવો. તમને ઢાંકણની અંદરની સપાટી પર શું દેખાય છે ? ત્યાં પાણી ક્યાંથી આવ્યું ? જો તમે તપેલીને લાંબા સમય માટે ગરમ કરો તો શું થાય છે ?

આકૃતિ 3.5 : અવસ્થા પરિવર્તનના કેટલાંક ઉદાહરણો — ઘનથી પ્રવાહીમાં

ઉપરના ઉદાહરણોમાં આપણે જોયું કે પદાર્થને જ્યારે ગરમ કરવામાં આવે છે અથવા તો તાપમાનનો તફાવત ધરાવતા વાતાવરણમાં છોડી દેવામાં આવે છે ત્યારે તેઓ પોતાની અવસ્થામાં રૂપાંતરણ કરે છે અને ઘનમાંથી પ્રવાહી તેમજ પ્રવાહીમાંથી વાયુ બને છે. આપણે જે જોયું તેમાં રહેલા કેટલાક વિરોધાભાસી મુદ્દાઓની પણ ચાલો નોંધ કરીએ. જેમાં પાણી ગરમ કરવામાં આવે છે તે ધાતુની તપેલી ઓગળતી નથી પરંતુ ટીન પણ ધાતુ હોવા છતાં ઓગળે છે. જ્યારે ઉષ્મા પૂરી પાડવામાં આવે છે ત્યારે જ મીણ ઓગળે છે પરંતુ બરફને દેખીતી રીતે ઉષ્મા પૂરી પાડવામાં આવતી ન હોવા છતાં પીગળે છે ! પદાર્થને આપવામાં આવતી ઉષ્માના સંદર્ભમાં નહીં પરંતુ જ્યારે પદાર્થની અવસ્થામાં બદલાવ આવે ત્યારે પદાર્થના તાપમાનના સંદર્ભમાં તમે એ પરિસ્થિતિનું આકલન કરી શકો છો ?

એવું જણાયું છે કે મોટાભાગના પદાર્થો ગરમ કરવાથી પોતાની અવસ્થા બદલે છે. જોકે અવસ્થા પરિવર્તન માટે જરૂરી તાપમાનમાં મોટો તફાવત જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે પાણી (પ્રવાહી) 0 °C તાપમાને બરફ (ઘન) બને છે અને 100 °C તાપમાને વરાળ (વાયુ) બને છે. એલ્યુમિનિયમ (ઘન) 570 °C તાપમાને પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે. જ્યારે નાઇટ્રોજન (વાયુ) –196 °C તાપમાને પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે. જે તાપમાને ઘન પદાર્થનું પ્રવાહીમાં રૂપાંતર થાય તેને પદાર્થનું **ગલનબિંદુ** કહે છે, જ્યારે જે તાપમાને પ્રવાહીનું વાયુમાં રૂપાંતર થાય તેને પદાર્થનું **ઉત્કલનબિંદુ** કહે છે.

ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થોની ઘનતા

જ્યારે ઘન પદાર્થ ઓગળે છે ત્યારે તેની ઘનતાનું શું થાય છે ? જ્યારે આપણે ઘીને પીગળાવીએ છીએ ત્યારે અથવા મીણને (અગાઉના પ્રકરણમાં કરેલ પ્રવૃત્તિઓ અનુસાર) પીગળાવીએ છીએ ત્યારે આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે પાત્રના તળિયે કેટલોક ઘન પદાર્થ પડી રહે છે. એનો અર્થ એમ થયો કે પ્રવાહીની ઘનતા તેના ઘન સ્વરૂપ કરતાં ઓછી હોય છે.

થર્મોમીટરની વાત ફરી એક વખત

આપણે જોયું કે ગરમ વાતાવરણમાં મૂકતાં થર્મોમીટરમાં રહેલ પારા અથવા આલ્કોહોલના સ્તંભની ઊંચાઈ વધે છે એટલે કે પદાર્થનું વિસ્તરણ થાય છે. આ વિસ્તરણને ગરમીના પ્રમાણના માપ તરીકે લેવામાં આવે છે. વિસ્તરણ આધારિત એક આદર્શ થર્મોમીટરમાં નીચે મુજબના લક્ષણો હોવા જરૂરી છે :

- તે તાપમાનના નાનકડાં ફેરફાર માટે પણ નોંધપાત્ર રીતે વિસ્તરણ કે સંકોચન પામતું હોવું જોઈએ કે જેથી તાપમાનનું ચોકસાઈપૂર્વક માપન કરી શકાય.
- થર્મોમીટરમાં વપરાયેલ પદાર્થ માપન હેઠળના પદાર્થમાંથી થોડી ઉષ્મા લઈને માપન હેઠળના પદાર્થના તાપમાન જેટલા જ તાપમાન સુધી પહોંચવો જોઈએ અન્યથા થર્મોમીટરને દાખલ કરતાં અગાઉ જે તાપમાન હતું તેના કરતાં પણ ઓછું તાપમાન થર્મોમીટર બતાવશે.
- તાપમાનના બહોળા વિસ્તાર માટે પણ વિસ્તરણ એકસમાન જ રહેવું જોઈએ.
- થર્મોમીટરને આદર્શ ત્યારે જ કહી શકાય જ્યારે તે નાનકડું હોય, પુનઃ ઉપયોગક્ષમ હોય તેમજ દરેક વખતે સચોટ માપ પૂરું પાડે.

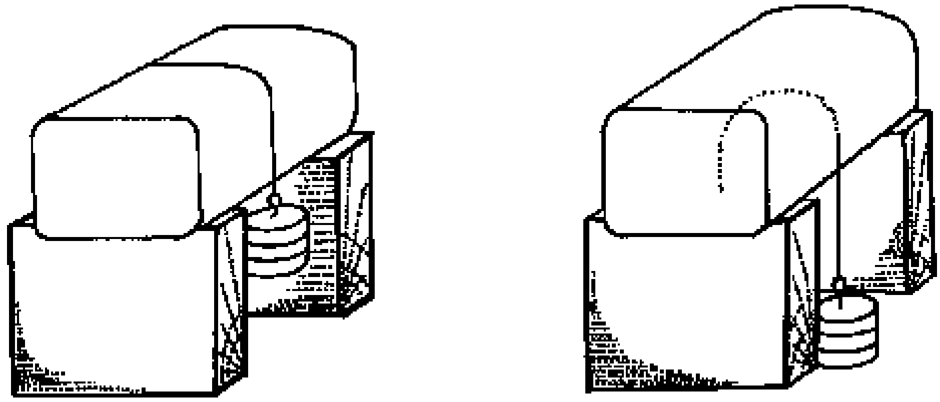
આમ, થર્મોમીટર માટેનો આદર્શ પદાર્થ ઉચ્ચ વિસ્તરણ સંબંધાંક (expansion coefficient) ધરાવે છે કે જે માપન હેઠળના તમામ તાપમાને સમાન રહે છે. આ પદાર્થોની વિશિષ્ટ ઉષ્મા ઓછી હોવી જોઈએ. તે માપન હેઠળના તાપમાન વિસ્તાર અંતર્ગત પોતાની અવસ્થામાં પરિવર્તન કરતો હોવો ન જોઈએ. ગેસ આધારિત થર્મોમીટર અથવા થર્મોસ્કોપ જરૂરી એવા તમામ લક્ષણો ધરાવે છે. પરંતુ તેનું કદ વિશાળ છે તેમજ તેનો વપરાશ ગૂંચવાડાભર્યો છે. પારાનું થર્મોમીટર પણ જરૂરી એવા મોટાભાગના માપદંડોને સંતોષે છે તેમજ તે નાની તેમજ નક્કર રચના પૂરી પાડી શકે છે. જોકે પારા કરતાં આલ્કોહોલ એ વધારે સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે. આલ્કોહોલ એ આદર્શ પદાર્થના જરૂરી માપદંડોમાં પારા કરતાં ચઢિયાતો હોવાથી વધારે ઉપયોગમાં લેવાય છે તેવું નથી, પરંતુ પારો ઝેરી છે જ્યારે આલ્કોહોલ નથી અને આ ઉપરાંત આલ્કોહોલની તુલનામાં પારો ખૂબ મોંઘો પણ છે. આલ્કોહોલ થર્મોમીટર એ તાપમાનમાં –70 °C થી 111 °C સુધીના વિસ્તાર માટે ઉપયોગી છે જ્યારે પારાનું થર્મોમીટર તાપમાનના –20 °C થી 300 °C સુધીના વિસ્તાર માટે ઉપયોગી છે. આલ્કોહોલમાં ડાય ઉમેરવામાં આવે છે કે જેથી તેની વાચનક્ષમતા (Readability)માં વધારો કરી શકાય.

પાણી – એક વિચિત્ર કિસ્સો

તમે એ વાતની નોંધ લીધી છે કે જ્યારે બરફ પીગળે છે ત્યારે તે પીગળવાના કારણે પેદા થયેલ પાણીની ઉપર જ તરે છે ? તમે આના પરથી બરફની ઘનતાની તુલનામાં પાણીની ઘનતા અંગે શું તારણ તારવી શકો છો ? પાણીનો કિસ્સો એક એવો અસામાન્ય અને વિરલ કિસ્સો છે કે જેમાં ઘનસ્વરૂપની ઘનતા તેનાં પ્રવાહી સ્વરૂપ કરતાં ઓછી જોવા મળે છે. મોટાભાગના પદાર્થોમાં ઘન અવસ્થા કરતાં તેની પ્રવાહી અવસ્થાની ઘનતા ઓછી હોય છે.

જે ઘન પદાર્થો પોતાના પ્રવાહી સ્વરૂપ કરતાં ઓછી ઘનતા ધરાવે છે તેમાં બીજી એક અપવાદરૂપ ઘટના જોવા મળે છે. તે એ છે કે તેઓનું ગલનબિંદુ દબાણ આપવાથી નીચું લઈ જઈ શકાય છે.

તારના બરફ પર લાગતા દબાણ હેઠળ બરફનું ધીમે-ધીમે બે ટુકડાઓમાં વિભાજીત થવું અને ફરીથી જોડાઈ જવું એ આ બાબતનું એક સુંદર ઉદાહરણ છે. આકૃતિ 3.6માં દર્શાવ્યા અનુસાર તારના બંને છેડા પર વજન લટકાવીને તાર દ્વારા લાગતાં બળની



આકૃતિ 3.6 : દબાણ હેઠળ બરફનું પીગલન

અસરકારકતા વધારી શકાય છે. અહીં આશ્ચર્યજનક અસર એ છે કે બરફના બે ટુકડાઓને એકબીજા સાથે થોડા સમય માટે દબાવીને રાખવાથી દબાણ દૂર કર્યા બાદ પણ તેઓ એકબીજા સાથે ચોંટેલા રહેશે.

3.3 બાષ્પીભવન

જો પાણી ભરેલી થાળીને મૂકી રાખવામાં આવે તો પાણીનું સ્તર સમયની સાથે નીચું આવતું જશે અને છેવટે બધું પાણી અદૃશ્ય થઈ જશે. આ પાણી ક્યાં જાય છે ? આ જ બાબતનું અવલોકન જુદી-જુદી પરિસ્થિતિમાં કરો, જેમકે દિવસના જુદા-જુદા સમયે, વર્ષના જુદા-જુદા સમયે અને જુદા-જુદા સ્થળે. જો તમે કોઈ પાત્રને લાંબા સમય સુધી ઢાંકેલું રાખશો તો તમે જોશો કે ઢાંકણાની અંદરની બાજુએ પાણીનાં ઝીણાં-ઝીણાં ટીપાં બાઝેલા હશે. જ્યારે તમે પાણીને ઢાંકેલા વાસણમાં ગરમ કરશો ત્યારે તમને આ જ પ્રકારની પરંતુ વધારે નાટકીય એવી અસર જોવા મળશે.

આમાં બને છે એવું કે થોડું પાણી પ્રવાહીના જથ્થાને છોડીને વાયુ અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થઈ હવામાં ભળી જાય છે. આ પ્રક્રિયાને બાષ્પીભવન કહે છે. પ્રશ્ન એ છે કે આસપાસની પરિસ્થિતિઓ બાષ્પીભવન પર કઈ રીતે અસર કરે છે ?

મોટાભાગનાં કિસ્સાઓમાં પ્રવાહી અને વાયુ અવસ્થા સહઅસ્તિત્વ ધરાવે છે. પાણી અને તેલની તુલનામાં ઈથર અને આલ્કોહોલ જેવા પ્રવાહી ઝડપથી બાષ્પીભવન પામે છે. આલ્કોહોલની બોટલને ખુલ્લી છોડી દેતાં તેની ગંધ તમને એટલા માટે આવે છે કે તે પ્રચૂર માત્રામાં (ઓરડાના તાપમાને પણ) બાષ્પીભવન પામીને તમારા નાક સુધી પહોંચે છે. હવામાં પાણીની બાષ્પનું થોડું પ્રમાણ હાજર હોય છે, જેની માત્રા તાપમાન તેમજ સરોવર કે નદી જેવા પાણીના વિશાળ જળાશયોની હાજરી અનુસાર બદલાય છે. શું તમે સરોવર અથવા નદીની આસપાસની હવામાં ભેજનો અનુભવ નથી કર્યો ? હવામાં રહેલા પાણીની બાષ્પની માત્રાને દર્શાવવા માટે સામાન્ય રીતે 'ભેજ' (humidity) શબ્દનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

હવામાનના નિર્ધારણમાં ભેજ ખૂબ જ અગત્યનું પરિબળ છે. હવામાં બાષ્પનું પ્રમાણ સતત વધતું રહે તો એક એવો તબક્કો આવે છે કે જ્યારે બાષ્પનું

ઘનીભવન થઈને પાણીના નાના-નાના ટીપાં રચાય છે. આ ટીપાંની રચનાનો આધાર આસપાસની હવામાં રહેલા પાણીના પ્રમાણ અને તાપમાન એમ બંને પર રહેલો છે. બાષ્પીભવનની પ્રક્રિયા બાદ ઘનીભવન થાય છે. જ્યારે પાણીની બાષ્પ અને હવાનાં તાપમાનની પરિસ્થિતિ યોગ્ય હોય ત્યારે તે ઝાકળ અને વરસાદ જેવી ઘટના માટે જવાબદાર બને છે.

ભેજવાળી હવામાં તાપમાનનો ઘટાડો સહેલાઈથી જોઈ શકાય છે. જ્યારે ફ્રીઝમાંથી ઠંડા પાણીની બોટલ કે પાત્રને બહાર મૂકી રાખવામાં આવે ત્યારે તેની બહારની સપાટી પર પાણીના ટીપાં બાઝેલા જોઈ શકાય છે. ભેજવાળી હવાની હાજરીમાં ઠંડી સપાટી પર હવામાં રહેલ બાષ્પનું વધુ ધનીભવન થતું હોવાથી આ અસર વધારે જોવા મળે છે.

ઊર્ધ્વપાતન

કેટલાક ઘન પદાર્થોમાં પુષ્કળ બાષ્પીભવન થાય છે. નેપ્થેલીન અને કપૂર તેના બે ઉદાહરણો છે. તેઓની હાજરી આપણે સૂંઘીને અનુભવી શકીએ છીએ. તમામ ઘન પદાર્થો થોડીઘણી માત્રામાં બાષ્પીભવન તો પામે જ છે પરંતુ તેનું પ્રમાણ ખૂબ ઓછું હોય છે. એમોનિયમ ક્લોરાઇડ એક વિશિષ્ટ પદાર્થ છે. ઓરડાના તાપમાને તે નોંધપાત્ર રીતે બાષ્પીભવન પામતો નથી. પરંતુ જ્યારે તેને પૂરતો ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે તે પ્રવાહી અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થયા સિવાય સીધો જ વાયુ અવસ્થામાં સંપૂર્ણ રૂપાંતરણ પામે છે. આ પ્રક્રિયાને ઊર્ધ્વપાતન કહે છે. ***એમોનિયમ ક્લોરાઇડ (નવસાર જેનો કલાઈ કરવામાં ઉપયોગ થાય)ની બાષ્પ ભયજનક હોવાથી જ્યાં સુધી પૂરતા પ્રમાણમાં હવાઉજાસ ન હોય ત્યાં સુધી તેનું ઊર્ધ્વપાતન કરવું નહીં. બાળકોએ વડીલોની હાજરી અને માર્ગદર્શન સિવાય આ પ્રયોગ કરવો નહીં.***

3.4 શું ગરમ કરવાથી દર વખતે તાપમાન વધે જ ?

ઉપરની પ્રવૃત્તિઓમાં અને અગાઉના પ્રકરણોમાં આપણે જોયું કે ગરમ કરવાથી સામાન્ય રીતે તાપમાનમાં ફેરફાર જોવા મળે છે. જોકે આ ફેરફાર પદાર્થ દીઠ અલગ-અલગ હોઈ શકે છે. પણ શું તે હંમેશા સાચું છે કે ગરમ કરવાથી તાપમાનમાં ફેરફાર થાય છે ? ચાલો આપણે તે ચકાસી જોઈએ.

A 3.5 ઉત્કલન ગુપ્તઉષ્મા

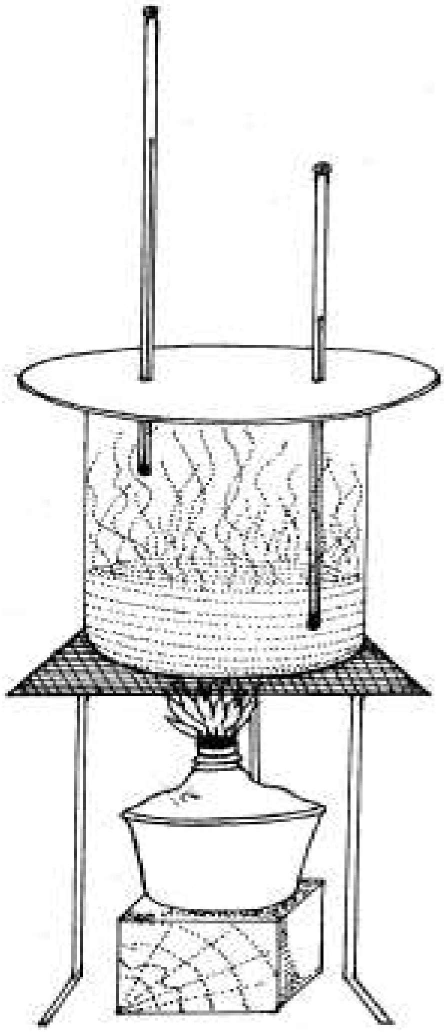
તમારે બે લેબોરેટરી થર્મોમીટર, પાણીથી ભરેલી એક તપેલી અને એક સ્ટવની જરૂર પડશે. આકૃતિ 3.7માં દર્શાવ્યા અનુસાર તપેલીને સ્ટવ પર મૂકો અને થોડાક મોટા કાણાં ધરાવતા ઢાંકણમાંથી થર્મોમીટરને લટકાવો. ખાતરી કરો કે બેમાંથી એક થર્મોમીટરનો બલ્બ પાણીમાં રહે પરંતુ તળિયાને સ્પર્શે નહીં જ્યારે બીજું થર્મોમીટર પાણીની સપાટીથી ઉપર રહે. હવે સ્ટવ સળગાવો અને દર થોડી-થોડી મિનિટે પાણીનું તાપમાન માપતા રહો. પાણી ઉકળવાનું શરૂ કરે ત્યારબાદ પણ થોડા સમય સુધી તાપમાન માપતાં રહો. તપેલીમાંથી નીકળતી પાણીની બાષ્પનું તાપમાન પણ માપતા રહો.

કયું અવલોકન તમને ચોંકાવનારું લાગ્યું ? શું તમે બંને થર્મોમીટરમાં જોવા મળતી માપનની તરાહને સમજાવી શકશો ? ચાલો આ જ પ્રકારની પ્રવૃત્તિ કરીએ પરંતુ ઘન પદાર્થો સાથે.

A 3.6 ગલન ગુપ્તઉષ્મા

તમારે એક લેબોરેટરી થર્મોમીટર, કેટલોક

બરફ અને એક નાના કપ કે વાડકાની જરૂર પડશે. થોડો બરફ લઈ તેનો ભૂકો કે ચૂરો કરી નાખો. બરફના આ ચૂરાથી આખો કપ ભરી દો અને તેમાં થર્મોમીટરને એવી રીતે ઊભું રાખો કે જેથી તેનો બલ્બ પૂરેપૂરો બરફમાં રહે પરંતુ કપના તળિયાને સ્પર્શે નહીં. બરફનું તાપમાન નોંધો. હવે કપને તડકામાં મૂકો અથવા તેને ધીમેથી ગરમ કરો. બરફ પીગળી રહ્યો હોય ત્યારે તાપમાનની નોંધ કરો. શું બરફમાંથી બનેલા પાણીનું તાપમાન સતત ઊંચું જતું જોવા મળ્યું ?



આકૃતિ 3.7 : પાણીના વરાળમાં થતાં રૂપાંતરણ દરમિયાન તાપમાનમાં પરિવર્તન

ઉપરના બંને કિસ્સાઓમાં સતત ઉષ્મા પૂરી પાડવામાં આવેલ હોવા છતાં તાપમાનમાં સતત વધારો થતો જોવા મળ્યો નહીં. તે થોડીવાર માટે વધ્યું અને કેટલાક સમય માટે અચળ રહ્યું. બરાબર આ જ સમયે સમગ્ર પદાર્થ પ્રવાહીમાંથી વાયુ (અથવા ઘનમાંથી પ્રવાહી) અવસ્થામાં રૂપાંતરણ પામી રહ્યો હતો. અવસ્થાનું આ રૂપાંતરણ બાષ્પીભવન કરતાં અલગ છે. બાષ્પીભવનમાં પ્રવાહી (અથવા ઘન) માત્ર સપાટી પરથી જ વાયુમાં રૂપાંતરિત થઈ રહ્યો હતો. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો તાપમાનમાં વધારો કર્યા સિવાય ઉષ્માનો ઉપયોગ અવસ્થામાં પરિવર્તનની અસર માટે થયો. વિશિષ્ટ ઉષ્માની જેમ જ અવસ્થા પરિવર્તન માટે જરૂરી ઉષ્મા પદાર્થ દીઠ બદલાયા કરે છે. અવસ્થા પરિવર્તન માટે એકમ જથ્થાદીઠ જરૂરી ઉષ્માની માત્રાને ગલન ગુપ્તઉષ્મા (ઘનમાંથી પ્રવાહીમાં પરિવર્તન માટે) અથવા ઉત્કલન ગુપ્તઉષ્મા (પ્રવાહીમાંથી વાયુમાં પરિવર્તન માટે) કહે છે.

સારાંશ :

- *પદાર્થના તમામ સ્વરૂપોમાં ઉષ્મા થકી વિસ્તરણ થાય છે. આપેલા પદાર્થ માટે વિસ્તરણ એ પદાર્થ કેટલો ગરમ છે તેનું માપ છે.*

- *ઉષ્મા પદાર્થને એક અવસ્થામાંથી બીજી અવસ્થામાં રૂપાંતરિત કરી શકે છે – જેમ કે, ઘનમાંથી પ્રવાહી, પ્રવાહીમાંથી વાયુ.*

- *કેટલાક પદાર્થો ઘન અવસ્થામાંથી સીધા જ વાયુ અવસ્થામાં રૂપાંતરણ પામે છે. આ ઘટનાને ઊર્ધ્વપાતન કહેવામાં આવે છે.*

- *અવસ્થા પરિવર્તન માટે ઉષ્માની જરૂર પડે છે પરંતુ એ જરૂરી નથી કે તે તાપમાનના પરિવર્તન તરફ દોરી જાય.*

- *મોટાભાગના પદાર્થો ઠંડા કરતાં સંકોચન અને ગરમ કરતા વિસ્તરણ પામે છે અને ઘન પદાર્થની ઘનતા તેના જ પ્રવાહી સ્વરૂપની ઘનતા કરતાં વધારે હોય છે.*

- *પાણી અપવાદરૂપ લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે. બીજા પદાર્થોથી વિરુદ્ધ તેને જમાવતાં **(Freez)** તે વિસ્તરણ પામે છે તેમજ દબાણ આપવાથી ઘન પાણી (બરફ)ના ગલનબિંદુમાં ઘટાડો થાય છે.*

પ્રકરણ-4

ઉષ્મા અને કાર્ય

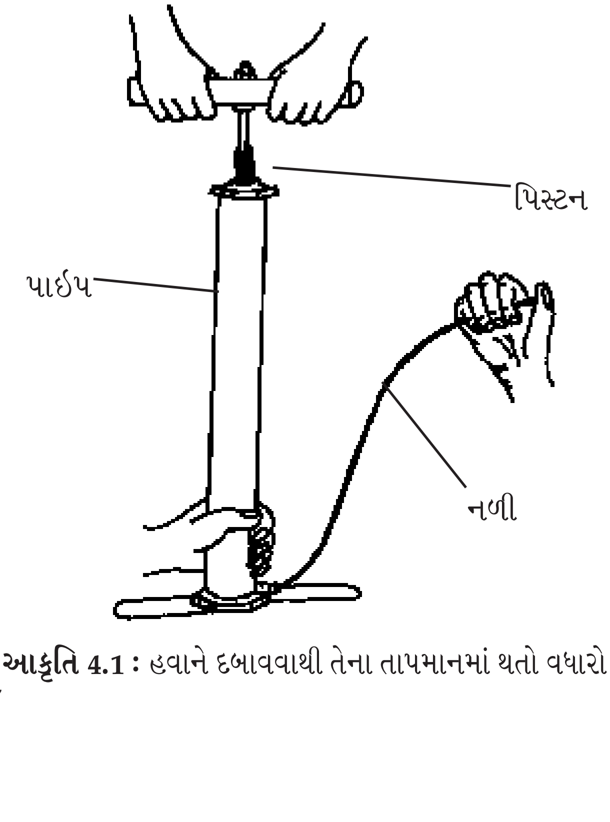
4.1 કેટલાંક અવલોકનો

આપણે ઉષ્મા અને વિસ્તરણ વચ્ચેના સંબંધને જોઈ ચૂક્યા છીએ. વિસ્તરણ એટલે ઉષ્મા પૂરી પાડવાથી કદમાં થતો વધારો. ઈન્જેક્શનની બોટલમાં રહેલ હવાના વિસ્તરણવાળા પ્રયોગમાં આપણે જોયું હતું કે શાહીનું ટીપું રીફિલમાં ઉપરની તરફ ખસતું હતું. PET બોટલનાં ઢાંકણ તરીકે સિક્કાનો ઉપયોગ કર્યો હતો તે પ્રયોગમાં આપણે જોયું હતું કે બોટલમાં રહેલ હવાના ગરમ થવાથી સિક્કો ખસતો હતો.

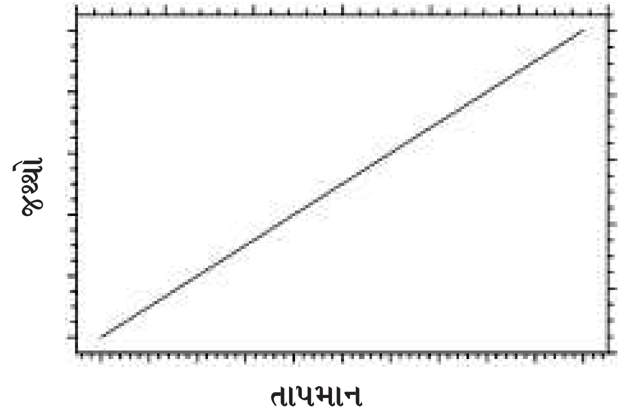
સ્થિર અવસ્થામાં જોવા મળતું આ પ્રકારનું હલનચલન દર્શાવે છે કે પાણીના ટીપાં કે સિક્કા પર કોઈ બળ લાગી રહ્યું છે. એકમ ક્ષેત્રફળ પર લાગતું બળ એ જ દબાણ હોવાથી આપણે કહી શકીએ કે બોટલમાંની હવાને ગરમ કરવાના પરિણામે તેના દ્વારા જે વધારાનું દબાણ સર્જાય છે તેને કારણે શાહીનું ટીપું કે ઢાંકણ ખસે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ગરમ કરવાથી અથવા તો તાપમાનમાં ફેરફાર કરવાથી માત્ર વાયુના કદમાં જ વધારો નથી થતો પરંતુ વાયુના દબાણમાં પણ વધારો થાય છે. શું આનાથી ઊલ્ટું પણ બની શકે ? એટલે કે શું દબાણમાં વધારો કરવાથી તાપમાનમાં વધારો થઈ શકે ?

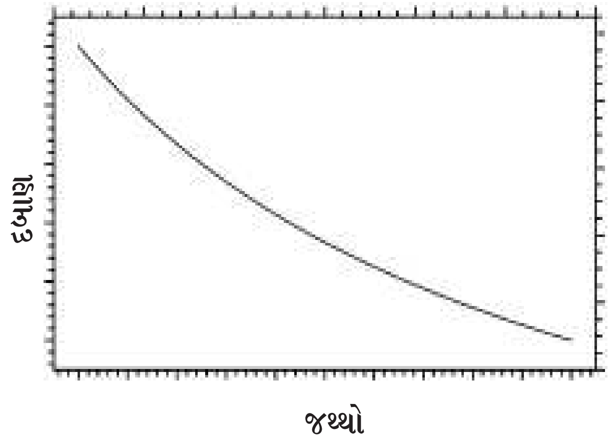
A 4.1 હવાને દબાવવી

એક સાઈકલનો પંપ મેળવો અને તેના પિસ્ટનને બે ચાર વખત ઉપર ખેંચો અને નીચે દબાવો. તાપમાનમાં થયેલ ફેરફારને ચકાસવા તેના પાઈપને અડકીને જુઓ. હવે આકૃતિ 4.1માં દર્શાવ્યા અનુસાર તેની નળીને બંધ કરી દો (અથવા કોઈને કહો કે નળી પર પોતાની આંગળી દબાવીને રાખે) અને પિસ્ટન ફરીવાર ઉપર-નીચે કરો. હવે પાઈપના નીચેના છેડે અડકીને તાપમાનમાં થયેલ ફેરફારનો અનુભવ કરો. બંને વખતના તાપમાનની તુલના કરો. એ વાતની નોંધ કરો કે બીજા કિસ્સામાં હવા પાઈપની બહાર જતી નથી અને તેનું કદ સંકોચાય છે.



આકૃતિ 4.1 : હવાને દબાવવાથી તેના તાપમાનમાં થતો વધારો





આકૃતિ 4.2 : ચાર્લ્સ અને બોઈલના વાયુઓના નિયમોની આલેખ દ્વારા રજૂઆત

ઉપરના પ્રયોગમાં નળીને બંધ રાખીને તમે પાઈપમાં રહેલ હવા પર બળ લગાવીને તેના દબાણમાં વધારો કર્યો, જેના પરિણામે તાપમાન વધ્યું અને કદ ઘટ્યું. વાયુનું દબાણ, તાપમાન અને કદ પરસ્પર સંબંધ ધરાવે છે. આ ત્રણેય વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ 17મી અને 18મી સદી દરમિયાન ચાર્લ્સ, બોઈલ અને ગે-લ્યુસેક નામના વૈજ્ઞાનિકોએ કરેલ હતો. તેઓના તપાસના તારણો બે મહત્ત્વના નિયમો સ્વરૂપે તારવવામાં આવ્યા છે.

ચાર્લ્સનો નિયમ : અચળ દબાણે આદર્શ વાયુના આપેલા જથ્થાના કદમાં થતો ફેરફાર તેના તાપમાનમાં થતા ફેરફારના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

બોઈલનો નિયમ : કોઈ ચોક્કસ તાપમાને રાખવામાં આવેલ આદર્શ વાયુના નિશ્ચિત જથ્થા માટે દબાણ અને કદ એકબીજાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

આ નિયમોને આલેખ સ્વરૂપે આકૃતિ 4.2માં દર્શાવેલ છે. આ નિયમો વાયુઓ માટે આદર્શ કે અંદાજીત સ્થિતિ દર્શાવે છે પરંતુ તમામ વાયુઓ આ નિયમો અનુસારના વર્તનથી થોડું વિચલન દર્શાવે છે. હિલિયમનું વર્તન આદર્શ વાયુની સૌથી નજીક છે.[1] નીચા દબાણે અને ઊંચા તાપમાને ઘણા વાયુઓ આદર્શવાયુની નજીકનું વર્તન દર્શાવે છે.

4.2 વિસ્તરણ અને યાંત્રિક ઊર્જા

ઈન્જેક્શનની મદદથી કરેલા હવાના વિસ્તરણના પ્રયોગમાં શાહીનું ટીપું જે બળ દ્વારા ઉપરની તરફ ખસ્યું હતું તે કાયમ માટે ખસ્યું નહોતું. સમજાવો શા માટે ? શાહીનું ટીપું કેટલું ખસ્યું છે

(1) આદર્શવાયુના અણુનું કદ શૂન્ય હોય, તેને કોઈ આંતરિક રચના ન હોય અને પોતાની ઊર્જા ગુમાવ્યા સિવાય એકબીજાથી છૂટા પડે છે. હવે પછીના બે પ્રકરણોમાં આદર્શવાયુની સંકલ્પનાનું મહત્ત્વ સ્પષ્ટ થશે.

રોબર્ટ બોઈલ (1627-1691) અને જેક્સ એલેકઝાન્ડર સીઝર ચાર્લ્સ (1746-1823)

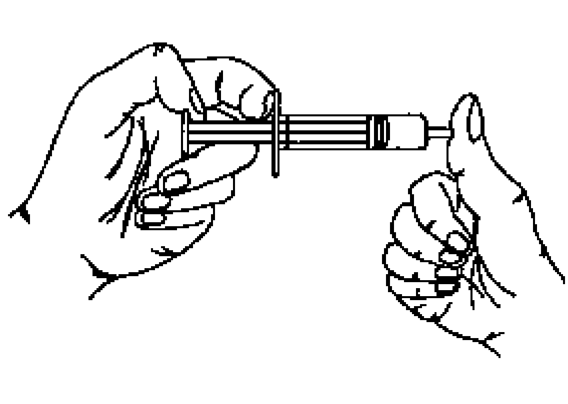
બોઈલને ઓટો વોન ગ્રુરીક દ્વારા શોધવામાં આવેલ વેક્યુમ પંપની જાણ થઈ અને તેઓએ રોબર્ટ હૂકની મદદથી તેની ડીઝાઈનમાં સુધારો કરવા માટે કામ કર્યું. તેઓ આ પંપના ઉપયોગથી ઘણાં પ્રયોગો કરી શક્યા, જે એક એવા નિયમના પ્રતિપાદન તરફ લઈ ગયા જે દર્શાવે છે કે વાયુનું કદ તેના દબાણના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. આ ઉપરાંત તેઓ ધ્વનિના પ્રસરણમાં હવાની ભૂમિકા અંગે પણ શોધ કરી શક્યા. તેઓએ તત્ત્વની સૌપ્રથમ આધુનિક વ્યાખ્યા આપીને તેમજ સંયોજન અને મિશ્રણ વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરીને આધુનિક રસાયણશાસ્ત્રનો પાયો નાખ્યો. ચાર્લ્સ એ બાબતે નસીબદાર હતા કે તેઓના નામે નિયમ બન્યો. આ નિયમ અનુસાર અચળ દબાણે વાયુનું કદ તેના નિરપેક્ષ તાપમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. વાસ્તવમાં આ નિયમની રચના ગેલ્યુસેકે કરેલ હતી પરંતુ તેઓએ ચાર્લ્સના અપ્રકાશિત કાર્યને તેનો યશ આપ્યો. ચાર્લ્સે એક પ્રયોગ હાથ ધર્યો જેમાં તેઓએ પાંચ ફુગ્ગાઓમાં સમાન કદ ધરાવતાં જુદા-જુદા વાયુઓ ભર્યા. જ્યારે તેઓએ આ પાંચ ફુગ્ગાઓનું તાપમાન 80 °C સુધી વધાર્યું તો જોયું કે તમામ પાંચ વાયુના કદમાં એકસમાન વધારો થયો હતો. ચાર્લ્સ સૌપ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા કે જેઓએ બલૂનમાં હાઇડ્રોજન વાયુનો ઉપયોગ કર્યો. આ અગાઉ બલૂનમાં ગરમ હવાનો ઉપયોગ થતો હતો. પહેલું બલૂન અંદાજે 9 કિગ્રા વજન ઊંચકવામાં સફળ થયું હતું.

તે અંતર શાના પર આધાર રાખે છે?

યંત્રશાસ્ત્રના આધારે યાદ કરો કે જ્યારે બળ લગાવતાં પદાર્થનું સ્થાનાંતરણ થાય છે ત્યારે ઊર્જાનો વપરાશ થાય છે. યાંત્રિક કાર્યની વ્યાખ્યા અનુસાર બળની દિશામાં થયેલા પદાર્થના સ્થાનાંતર અને લગાવેલ બળની તીવ્રતાના ગુણનફળને યાંત્રિક કાર્ય કહે છે. ***ઉપર દર્શાવેલ પરિસ્થિતિમાં હવાને ગરમ કરતાં તે ટીપાં પરના કાર્યમાં પરિણમે છે.*** PET બોટલના કિસ્સામાં કાર્ય સિક્કા પર થાય છે.

A 4.2 *વિસ્તરણ અને થયેલ કાર્ય*

સોય કાઢી લીધેલી હોય તેવી ઈન્જેક્શનની એક સીરીંજ લો. તેના પિસ્ટનને લગભગ અડધે સુધી ધક્કો મારીને તેના મોંને હવાચુસ્ત પ્લગ અથવા તમારા અંગૂઠા વડે અથવા કોઈ ગુંદરટેપ અથવા સીલ કરવા માટેના પદાર્થ દ્વારા બંધ કરો. (આકૃતિ 4.3 જુઓ). પિસ્ટનને બહારની તરફ ખેંચો. તમે તેને પાછો બહારની તરફ ખેંચવાનું બંધ કરો છો ત્યારે શું થાય છે? શા માટે? પિસ્ટન પાછો નળીમાં જતો રહે છે? તે અંદર જતો રહે છે કારણ કે બહારનાં વાતાવરણમાં રહેલી હવા



આકૃતિ-4.3 : વાતાવરણના દબાણથી પિસ્ટન (સીરીંજનો ડટ્ટો)નું ખેંચાવું

જોસેફ લૂઈસ ગે-લ્યૂકાસ (1778-1850)

ગે-લ્યુકાસે ભૌતિકશાસ્ત્ર અને રસાયણશાસ્ત્ર એમ બંનેમાં મહત્ત્વનું પ્રદાન આપ્યું હતું. પરંતુ સામાન્ય રીતે આપણે તેમનું નામ તેમણે આપેલા એક નિયમને કારણે સાંભળીએ છીએ. તેમના નામે નોંધાયેલો આ નિયમ છે, "એક અચળ દબાણ હેઠળ કોઈ વાયુનું કદ તેના તાપમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે." ગે-લ્યૂકાસે લેબોરેટરીના સામાન્ય સાધનો જેવા કે બ્યૂરેટ, પીપેટની નવી ડિઝાઇન તૈયાર કરી. તેમણે બોરોનની શોધમાં અને આયોડીનને એક અલગ તત્ત્વ તરીકે ઓળખ આપવામાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવ્યો. જુદી જુદી ઊંચાઈ ઉપર વાતાવરણના બંધારણનો અભ્યાસ કરવા માટે તેઓ હોટ એર બલૂનમાં પણ ગયા હતા.

તેના પર દબાણ લગાવે છે. સીરીંજમાંથી પિસ્ટનને બહાર ખેંચવાથી તેમાં વધેલી જગ્યાને રોકવા માટે હવા વિસ્તરણ પામે છે અને પરિણામે બહારની હવાના દબાણની તુલનામાં સીરીંજની અંદરનું દબાણ ઘટી જાય છે. પિસ્ટનને બહાર ખેંચતી વખતે તમારા દ્વારા વાતાવરણીય દબાણની વિરુદ્ધ કાર્ય થાય છે. જ્યારે તમે પિસ્ટનને છોડો છો ત્યારે બહાર રહેલી હવા પિસ્ટન પર અને છેવટે તેમાં રહેલા વાયુ પર કાર્ય કરે છે. ઉપરના પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો, પરંતુ આ વખતે પિસ્ટનને હાથ વડે ખેંચવાને બદલે સીરીંજના છેડાને બંધ કર્યા બાદ તેને ગરમ પાણીના પાત્રમાં ઊભી રાખો. તમે શું અપેક્ષા રાખો છો ?

યંત્રશાસ્ત્રમાં બળ લગાવનાર ઘટક જેટલી ઊર્જા વાપરે તેટલા પ્રમાણમાં જ કાર્ય થાય છે. આથી જ્યારે તમે કોઈ બ્લોકને ધક્કો મારો છો ત્યારે ઊર્જા વાપરીને કાર્ય કરો છો. તમે જ્યારે કોઈ વસ્તુને ઊંચકો છો ત્યારે તમે ઊર્જા વાપરો છો અને બળ લગાવો છો. હલકા પદાર્થ કરતાં ભારે પદાર્થને ઊંચકવા માટે તમારે વધારે ઊર્જા વાપરવાની જરૂર પડે છે. બીજા શબ્દોમાં તમારે વધારે કાર્ય કરવાની જરૂર પડે છે.

જ્યારે નળી બહારની તરફ ખસે છે ત્યારે કેટલું કાર્ય થયું હશે ? પિસ્ટન પર લાગતું બળ $P \times A$ થશે, જ્યાં P એ હવાનું દબાણ અને A દટ્ટાનું ક્ષેત્રફળ છે. જો દટ્ટો d જેટલું અંતર કાપે તો થયેલું કાર્ય

અહીં એ વાયુના કદમાં થતો ફેરફાર હોવાથી થયેલું કાર્ય થશે. તમારા ખેંચવાથી નળી બહાર આવે કે પછી અંદરની હવાને ગરમ કરવાથી આવે, બંને માટે આ સાચુ છે. વાયુનું વિસ્તરણ થતાં તે ઉષ્મા ગુમાવે છે અને તેનું કાર્યમાં રૂપાંતર થાય છે.(2) આનો અર્થ એમ થયો કે ઊર્જાનો ખર્ચ થાય છે. આ બાબત ઉષ્મા, કાર્ય અને ઊર્જા વચ્ચેનો સંબંધ સૂચવે છે. ઉષ્માને ઘણી વખત ઉષ્માઊર્જા (thermal energy) તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. આ પદની ચર્ચા આપણે હવે પછીના પ્રકરણમાં કરીશું.

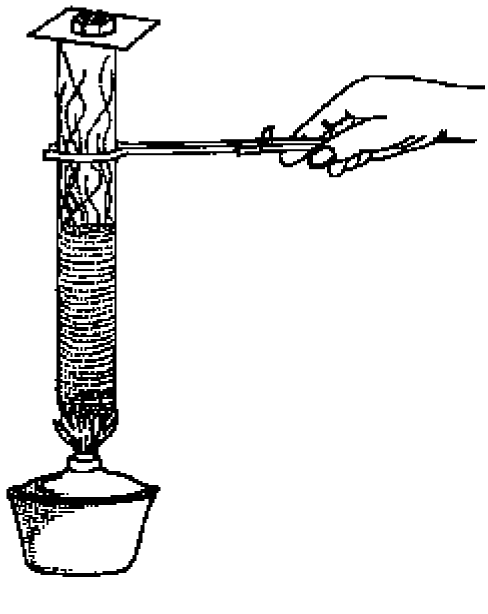
આ પ્રકરણની શરૂઆતમાં કરેલ સાઇકલના પંપમાં હવા રોકવાની પ્રવૃત્તિને યાદ કરો. તેમાં આપણે જાણ્યું હતું કે *સંકોચનથી ઉષ્મા વધે છે*, આ બાબત *"ઉષ્માથી વિસ્તરણ થાય છે"* કરતાં બિલ્કુલ ઊલ્ટી છે. વાયુનું કદ ઘટાડવા માટે તમારે

(2) આપવામાં આવતી ઉષ્મા અને તેનાથી થતા કાર્યનો સંબંધ એ વરાળ યંત્ર (સ્ટીમ એન્જિન)ની રચનાનો પાયો છે.

તેના પર કાર્ય કરવું પડે છે. જ્યારે ગરમ કરવાથી વાયુ વિસ્તરણ પામે છે ત્યારે વાયુ ઢાંકણ પર કાર્ય કરે છે. એક અન્ય ઉદાહરણ તરીકે ઢાંકણ લગાવેલી એક ખાલી બોટલને મીણબત્તીની જ્યોત પર ગરમ કરી જુઓ. થોડાક જ સમયમાં ઢાંકણ બોટલ પરથી ઊડી જશે – પ્રયત્ન કરી જુઓ. ફરી એક વખત જોઈ શકાય છે કે વાયુને ગરમ કરવાથી તેના સંપર્કમાં રહેલ પદાર્થનું તે સ્થાનાંતર કરે છે. આમ ઉષ્મા કાર્ય કરે છે અથવા તો ઉષ્માને યાંત્રિક ઊર્જામાં ફેરવી શકાય છે. આ બાબતનું એક સર્વસામાન્ય ઉદાહરણ જોઈએ તો જ્યારે પાણીને કૂકરમાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે કુકરની સીટી ઉપરની તરફ ઊંચકાય છે.

A 4.3 ઉષ્માની મદદથી પદાર્થનું સ્થાનાંતર

એક કસનળીમાં થોડું પાણી ભરીને તેને કવરસ્લીપ વડે ઢાંકીને જ્યોત પર ગરમ કરો. કવરસ્લીપ ઊંચી-નીચી થવાનું શરૂ કરે તે અગાઉ તમારે કેટલો સમય ગરમી આપવી પડી તેની નોંધ કરો. આ સમયની નોંધ કરીને ગરમ પાણીને ફેંકી દો. કસનળીને સંપૂર્ણ રીતે ઠંડી થવા દો. કસનળીમાં અગાઉના જેટલું જ નળનું પાણી ઉમેરો. ત્યારબાદ આકૃતિ 4.4માં દર્શાવ્યા અનુસાર કસનળીને કવરસ્લીપ વડે ઢાંકીને તેના પર સિક્કા જેવું નાનકડું વજન મૂકો. ફરી એક વખત કસનળીને ગરમ કરો. સિક્કા સહિત ઢાંકણાના હલનચલન માટે લાગેલા સમયની નોંધ કરી અગાઉના પ્રયોગ સાથે તેની તુલના કરો. આ પ્રયોગ એકદમ બંધબેસતું ઢાંકણ ધરાવતી કડાઈ કે પાત્ર સાથે પણ કરી શકાય છે.

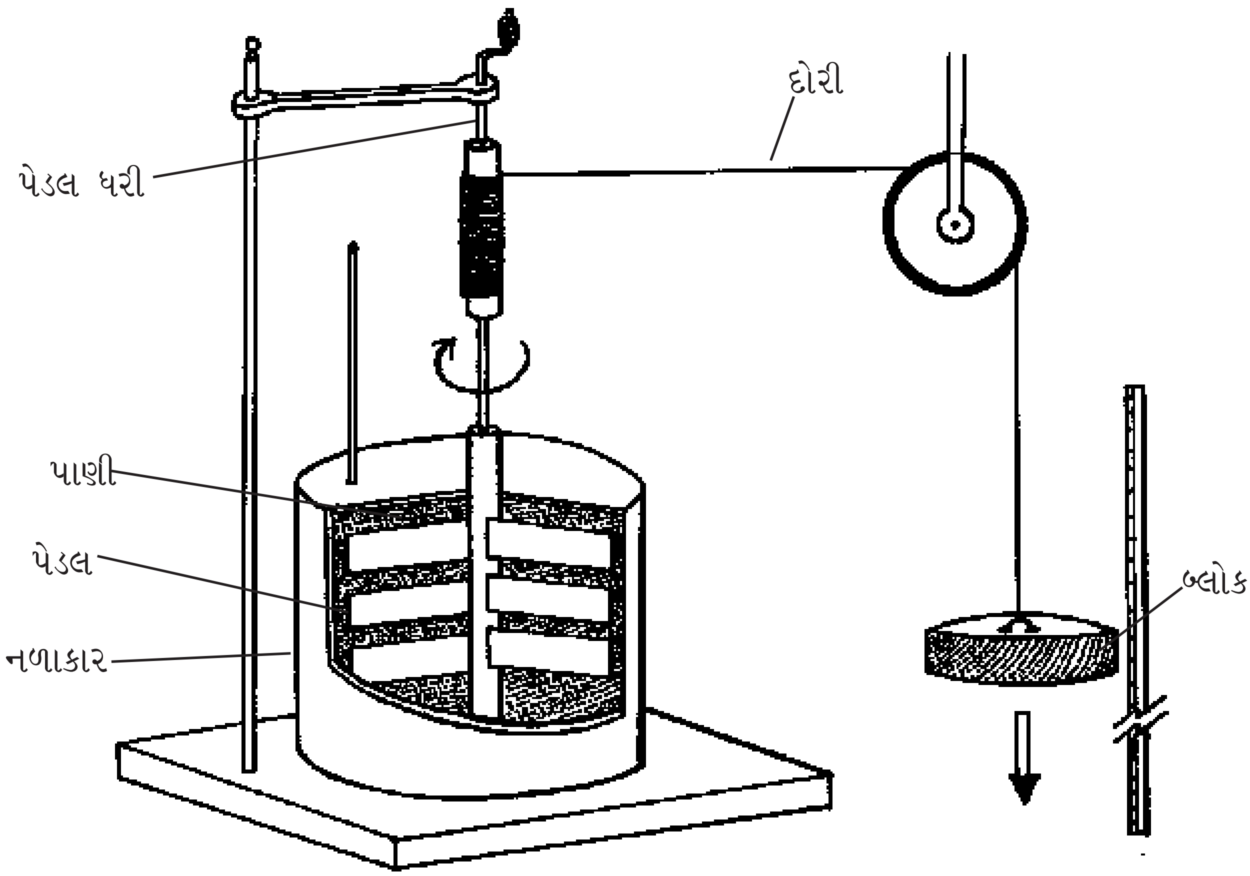


આકૃતિ 4.4 : વાયુને ઉષ્મા આપવાથી થતું કાર્ય

વરાળ દ્વારા ખસેડાયેલા વજન અને ગરમી આપવાના સમય વચ્ચે શું સંબંધ છે ? ઉકળતા પાણીની વરાળ ઢાંકણ પર બળ લગાવીને તેને ખસેડતું હોવાથી આ એક રીતે ગુરુત્વાકર્ષણની વિરુદ્ધ કાર્ય કરવા જેવું છે. આમ, ઉષ્મા કાર્ય કરે છે.

4.3 ઉષ્માનો યાંત્રિક તુલ્યાંક

ઉષ્મા અને યાંત્રિક કાર્ય વચ્ચેની સમકક્ષતા (equivalence)નું નિદર્શન અને સ્થાપના જૂલના પ્રયત્નો દ્વારા સંભવ બની હતી. આકૃતિ 4.5માં દર્શાવ્યા અનુસાર તેઓએ પાણી ભરેલા એક નળાકારમાં ચુસ્ત રીતે ગોઠવાયેલ પેડલને પેડલની ધરી પર વીંટળાયેલ દોરી સાથે વજન લગાવીને ફેરવ્યું. પાત્રને પાણીચુસ્ત કરવામાં આવેલ હોવાથી પેડલ ફરતું ત્યારે પાણી બહાર નીકળી શકતું નહોતું. ગોળ ફરતું પેડલ પાણીને વલોવતું અને તેનાથી ગોળ ફરતા પેડલની ગતિઊર્જા પાણીને મળતી. પાણીચુસ્ત પાત્રમાં ફસાયેલા પાણીને સતત વલોવવાના કારણે પાણીની ગતિ વધારે ઝડપી અને અનિયમિત થતી હતી. છેવટે પેડલ દ્વારા પૂરી પાડવામાં આવતી ગતિઊર્જા સમગ્ર પાણીમાં વહેંચાઈ જતી અને તેનાથી ઉષ્માઊર્જા વધતાં પાણીના તાપમાનમાં વધારો થયો.



આકૃતિ 4.5 : ઉષ્મા અને કાર્ય (યાંત્રિક)ની સમકક્ષતા દર્શાવવા માટેનું જૂલનું સાધન

જો આપણે પાણીના તાપમાનમાં થયેલા ફેરફાર ને માપીએ તેમજ પાણીના દળ અને પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા Sની ખબર હોય તો આપણે પાણીમાં પ્રસરણ પામેલ ઉષ્મા Qની ગણતરી કરી શકીએ.

ગુરુત્વાકર્ષણની અસર હેઠળ બ્લોક (વજનીયા)ની ગતિમાં વધારો થતાં તેની ગતિઊર્જા વધે છે. જોકે, બ્લોકનો પ્રવેગ g ના મૂલ્ય કરતાં ઓછો રહેશે કારણ કે પાણીમાં રહેલ પેડલ બ્લોકની ગતિને અવરોધે છે. g એ મુક્તપતન કરતાં પદાર્થનો ગુરુત્વપ્રવેગ છે. જો બ્લોકનો પ્રવેગ a હોય, તેનું દળ m_b હોય અને તેના દ્વારા થયેલ સ્થાનાંતર d હોય તો ગુરુત્વાકર્ષણ દ્વારા પેડલ પર થયેલું કાર્ય થશે.

પાણીના તાપમાનમાં થયેલો વધારો અને બ્લોકના પ્રવેગનું માપન કરીને જૂલ એ બાબત દર્શાવી શક્યા કે પેદા થયેલ ઉષ્મા Q એ થયેલ કાર્યના સમપ્રમાણમાં હતી અથવા તો

SI એકમમાં સમપ્રમાણતાનો અચળાંક 4.184 જૂલ/કૅલરી મૂલ્ય ધરાવે છે અને તેને ઉષ્માનો યાંત્રિક તુલ્યાંક કહે છે. તમને યાદ હશે કે જ્યારે 1 કિગ્રા વજન ધરાવતો પદાર્થ 1 m/s^2 જેટલો પ્રવેગ પ્રાપ્ત કરીને 1m જેટલું સ્થાનાંતર કરે ત્યારે 1 J (એક જૂલ) કાર્ય થયું કહેવાય.

જેમ્સ પ્રેસ્કોટ જૂલ (1818-1889)

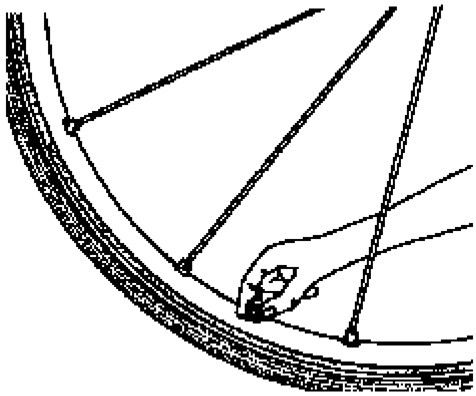
જૂલ એ ડાલ્ટનના શિષ્યો પૈકીના એક હતા. તેના પરથી આપણે સમજી શકીએ છીએ કે તેઓએ તે સમયે વ્યાપક રીતે સ્વીકૃતિ પામેલ એવા કેલરીફીક થીયરીને તરત જ રદિયો આપ્યો હતો. તેઓને ખાતરી હતી કે તાપમાન એ પદાર્થના બંધારણીય કણોની ગતિનું માપ દર્શાવે છે. તેઓએ ઉષ્માના યાંત્રિક તુલ્યાંક માટે ત્રણ અલગ-અલગ માપનો કરેલ હતા. જોકે તેઓનું કાર્ય તાત્કાલિક સ્વીકૃતિ પામ્યું ન હતું. (કદાચ તેનું કારણ તેઓ દ્વારા માપનની ચોકસાઈ અંગે કરવામાં આવેલ દાવો હતો.) પરંતુ પાછળથી ઊર્જાના SI એકમને તેઓનું નામ આપવામાં આવ્યું. આ કાર્ય ઉપરાંત તેઓએ વીજપરિપથમાં રહેલા અવરોધ અને વ્યય પામતી ઉષ્માના પ્રમાણ વચ્ચેનો સંબંધ પણ સ્થાપિત કર્યો હતો.

4.4 વિસ્તરણ દ્વારા ઠંડું પાડવું

અત્યાર સુધી આપણે વાયુના વિસ્તરણ દ્વારા વાયુના તાપમાનમાં થતો વધારો અને તે દ્વારા થતાં કાર્ય વચ્ચેનો સંબંધ સ્થાપિત કરવા પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરેલ હતું. ચાલો, હવે જોઈએ કે વિસ્તરણ આપણને ઠંડું પાડવામાં કઈ રીતે મદદ કરે છે.

A 4.4 ઠંડુ પાડવાની યુક્તિ

સાઈકલની એક ટાયરટ્યુબ લો. હવા ભરીને તેને કડક કરો.[3] *હવે ઝડપથી વાલ્વને બહાર ખેંચી કાઢો. બહારની હવા સાથે ટ્યૂબમાંથી બહાર ધસી આવતી હવાના તાપમાનની તુલના કરો. આ માટે તમે આકૃતિ 4.6માં દર્શાવ્યા અનુસાર વાલ્વના મોં પાસે તમારી આંગળી પણ રાખી શકો છો અથવા વધારે ઉત્તમ તો એ છે કે બહાર નીકળતી હવાના પ્રવાહમાં તમે થર્મોમીટરનો બલ્બ રાખો.*



આકૃતિ 4.6 : વિસ્તરણ પામતી હવા વાતાવરણના દબાણની વિરુદ્ધ કાર્ય કરે છે ત્યારે ઠંડી પડે છે

બહાર ધસી આવતી હવા વાતાવરણના દબાણ વિરુદ્ધ કાર્ય કરે છે. અંદર રહેલી હવાની ઉષ્માઊર્જાનો કેટલોક ભાગ કાર્યમાં રૂપાંતરિત થાય છે અને તેનાથી ઉષ્માઊર્જામાં ઘટાડો થતાં તેના તાપમાનમાં ઘટાડો થાય છે.[4]

ટ્યૂબ બહારની હવાના સીધા સંપર્કમાં હોવાથી તેની અંદર રહેલી હવા અને બહારની હવાનું તાપમાન એકસરખું જ હોય છે. આમ વિસ્તરણ દ્વારા ઠંડા પડવાની પ્રક્રિયા એ ચોક્કસ તાપમાન ધરાવતા એક પદાર્થમાંથી તેટલું જ તાપમાન ધરાવતા તેના જેવા અન્ય પદાર્થમાં થતું ઉષ્માનું પ્રસરણ છે. શું આ તારણ આપણા અગાઉના પ્રકરણોના તારણો સાથે સુસંગત છે ?

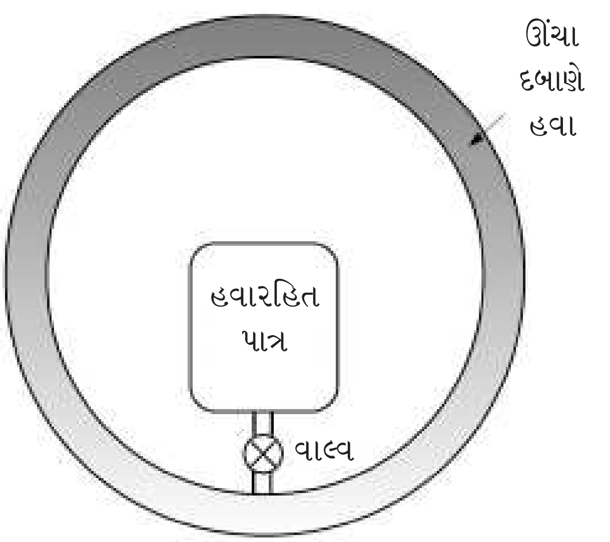
(3) જો તમે ટ્યૂબમાં ખૂબ વધારે હવા ભરીને કડક બનાવવા માગતા હોવ ત્યારે ટ્યૂબ ટાયરની અંદર હોય તે વધારે સલામત છે. ટાયરની ભૂમિકા સ્પષ્ટ કરો.

(4) ઠંડા થવાની આ અસરને જૂલ-થોમસન અસર અથવા થ્રોટલીંગ (નળી દબાવવાની) અસર કહે છે. તે વાયુઓના પ્રવાહીકરણ અને રેફ્રીજરેશન તેમજ એર કન્ડીશનીંગમાં ઉપયોગી છે.

જુલીયસ રોબર્ટ વોન મેયર (1814-1878)

મેયરે ભૌતિકશાસ્ત્રમાં આડકતરી રીતે પ્રવેશ કર્યો. તેઓએ તબીબીશાસ્ત્રનો અભ્યાસ અને પ્રેક્ટીસ કરી હતી અને ત્યારબાદ ગણિત અને ભૌતિકશાસ્ત્રમાં રસ પડ્યો હતો. આમ છતાં તેઓએ ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર (thermodynamics)માં નોંધપાત્ર અને અમૂલ્ય પ્રદાન કર્યું. જોકે તેનો તાત્કાલિક સ્વીકાર થયો ન હતો. તેઓ પહેલા હતા જેમણે કહ્યું કે, ઊર્જાને ઉત્પન્ન કરી શકાતી નથી કે તેનો નાશ કરી શકાતો નથી. એટલું જ નહિ પરંતુ તેઓએ સજીવો માટે ઉષ્માના સ્રોત તરીકે ઓક્સિડેશનને રજૂ કર્યું અને સૂચવ્યું કે વનસ્પતિ પ્રકાશને રાસાયણિક ઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે.

હવે ધારો કે ટ્યૂબમાંથી ઉચ્ચ દબાણ ધરાવતી હવાને વાતાવરણમાં છોડવાને બદલે આકૃતિ 4.7 અનુસાર એક શૂન્યાવકાશિત પાત્રને વાલ્વની નોઝલ પર હવાચુસ્ત રીતે ફીટ કરીને વાલ્વ ખોલીને તેમાં હવા છોડી દેવામાં આવે તો શું થશે ? શું બહાર તરફ ધસી આવતી હવાનાં તાપમાનમાં કોઈ ફેર પડશે ? હા તો શા માટે ? અને ના તો શા માટે ?



આકૃતિ 4.7 : શૂન્યાવકાશિત પાત્રમાં ઊંચા દબાણે રહેલી હવાનું વિસ્તરણ

એવું જોવા મળ્યું છે કે જ્યારે વાયુ મુક્ત રીતે વિસ્તરણ પામે છે. ત્યારે તેના તાપમાનમાં કોઈ ફેરફાર જોવા મળતો નથી. આ બાબતને થયેલ કાર્યના સંદર્ભમાં સમજી શકાય છે. હવારહિત પાત્રમાં હવાનું દબાણ શૂન્ય હોવાથી ટ્યૂબમાંથી બહાર ધસી આવતી હવાના કણોને કોઈપણ પ્રકારના અવરોધાત્મક બળનો અનુભવ થતો નથી. આથી વિસ્તરણની શરૂઆતમાં કોઈપણ પ્રકારનું કાર્ય થતું ન હોવાથી વાયુ ઉષ્મા ગુમાવતો નથી. શૂન્યાવકાશ ધરાવતા પાત્રમાં જેમ-જેમ હવા ભરાતી જાય છે તેમ તેમ પાત્રમાં દબાણ વધતું જાય છે અને સમય જતાં અંદરથી બહાર આવતી હવાએ કાર્ય કરવું પડે છે. આ અગાઉના ઉદાહરણમાં આપણે જોયું હતું કે વિસ્તરણ પામતી હવાએ બહાર રહેલ હવાની વિરુદ્ધ કાર્ય કર્યું હોવાથી તે ઉષ્મા ગુમાવે છે અને પરિણામે વિસ્તરણ પામતી હવાના તાપમાનમાં ઘટાડો થાય છે.

સમાન તાપમાને રહેલા પદાર્થો વચ્ચે ઉષ્માનું પ્રસરણ

આપણે અગાઉના પ્રકરણોમાં જોયું તે અનુસાર

શરૂઆતમાં બે ભિન્ન તાપમાન ધરાવતા પદાર્થોને જ્યારે એકબીજાના સંપર્કમાં રાખવામાં આવે છે ત્યારે ધીમે-ધીમે તેઓ એક સામાન્ય તાપમાન પર પહોંચે છે. આ દરમિયાન ઉચ્ચ તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફથી નીચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફ ઉષ્માનું પ્રસરણ થાય છે. પરંતુ છેલ્લા ઉદાહરણમાં આપણે જોયું કે વાયુ ઉષ્મા ગુમાવે છે. જ્યાં સુધી કોઈ બાહ્ય ઘટક દ્વારા ઊર્જા ખર્ચવામાં ન આવે ત્યાં સુધી નીચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થથી ઊંચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફ અથવા તો શરૂઆતમાં સમાન તાપમાન ધરાવતા બે પદાર્થો વચ્ચે ઉષ્માનું પ્રસરણ અસંભવ છે. વિસ્તરણ દ્વારા ઠંડુ પડવાની ઘટનામાં આપણે જોયું કે શરૂઆતમાં આસપાસના વાતાવરણ જેટલું જ તાપમાન ધરાવતા પદાર્થના તાપમાનમાં ઘટાડો કરવા માટે ઊર્જાનો ખર્ચ કરવો પડ્યો હતો.

સારાંશ

- *ઉષ્મા અને કાર્ય પરસ્પર સંબંધિત છે અને તેઓનું એકબીજામાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. આથી ઉષ્મા એ ઊર્જાનું જ એક સ્વરૂપ છે.*
- *કોઈ એક અલગ કરાયેલા* ***(isolated)*** *વાયુ માટે તેનું દબાણ, કદ અને તાપમાન એકબીજા સાથે સંબંધિત હોય છે, વાયુના ચોક્કસ જથ્થા માટે દબાણ એ તાપમાનના સમપ્રમાણમાં અને કદના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.*
- *જ્યારે કોઈ વાયુ વિસ્તરણ પામે છે ત્યારે તે કાર્ય કરે છે અને ઉષ્મા ગુમાવે છે.*

પ્રકરણ-5

વસ્તુને શું ગરમ બનાવે છે ?

અગાઉના પ્રકરણોમાં આપણે એ બાબતનો સ્વીકાર કર્યો કે તાપમાન એ વસ્તુ કેટલી ગરમ છે તેનું માપ દર્શાવે છે. આપણે એ પણ અવલોકન કર્યું હતું કે બે ભિન્ન તાપમાન ધરાવતા પદાર્થો એકબીજાના સંપર્કમાં આવે છે ત્યારે વધારે તાપમાન ધરાવતો પદાર્થ ઉષ્મા ગુમાવતો હોવાથી સમય જતાં બંને પદાર્થો એકસમાન તાપમાન પર પહોંચે છે. આપણે ઉષ્માની કેટલીક અસરો તેમજ તે કેવી રીતે પ્રસરણ પામે છે તે જોયું હતું. છતાં આપણે એ પ્રશ્નનો ઉત્તર નથી મેળવ્યો કે, ***એવું શું છે કે જે પદાર્થને ગરમ કરે છે?*** આપણે રોજીંદા જીવનમાં દૈનિક જરૂરિયાતો માટે ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરવા માટે ગેસ સગડી કે કોલસાની સગડી અથવા ઈલેક્ટ્રિક હીટરનો ઉપયોગ કરીએ છીએ જ્યારે આપણા પ્રયોગો માટે આપણે મીણબત્તી કે બન્સન બર્નરનો ઉપયોગ કર્યો હતો. પણ આ બધા તો પદાર્થને ગરમ કરવા માટેના માધ્યમ માત્ર છે. ***પરંતુ હજુ પણ આપણને કોઈ અંદાજ નથી કે પદાર્થમાં એવું તે શું છે કે જે તેને ગરમ કરે છે તેમજ પદાર્થનું તાપમાન કોણ નક્કી કરે છે.***

5.1 પ્રારંભિક વિચારો

'ઉષ્મા શું છે ?' આ પ્રશ્નએ પાછલી સદીઓના વૈજ્ઞાનિકોને ખૂબ વ્યસ્ત રાખ્યા હતા. 19મી સદીના મધ્યભાગ સુધી વૈજ્ઞાનિકોની માન્યતાઓ પૈકીની એક દૃઢ માન્યતા એવી હતી કે ઉષ્મા એ તમામ પદાર્થોમાં હાજર એવો એક અદૃશ્ય પદાર્થ (જેને કેલોરિક કહેતા) છે. અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિક જોસેફ બ્લેક આ વિચારના હિમાયતી અને પ્રચારક પણ હતા. તેઓ કેલોરિક મોડેલના આધારે ઘણી ઘટનાઓને સમજાવી શકતા હતા. કદાચ ઉષ્માના પ્રસરણની ઘટના થકી કેલોરિકની વાત વધારે તર્કસંગત બની હશે. આપણે જોયું એ મુજબ ઉષ્મા એ સમગ્ર પદાર્થમાં તરત જ પ્રસરણ પામતી નથી. આથી એક એવો મત ઊભો થયો કે ઠંડા પદાર્થો કરતાં ગરમ પદાર્થો પાસે ***વધારાનું કંઈક છે. આ વધારાનું*** કંઈક ઠંડા પદાર્થમાં પ્રસરણ પામી જે ખૂટે છે તેની પૂર્તિ કરી આપે છે. કોઈપણ વ્યક્તિ આ અવધારણાને આધારે ગરમ અને ઠંડા પદાર્થોને ભેગા કરવાથી જોવા મળતાં તાપમાનના સંતુલનને સમજાવી શકે છે.

પદાર્થને ગરમ કરતાં જોવા મળતાં વિસ્તરણના સ્પષ્ટીકરણ માટે પણ કેલોરિકનો વિચાર ઉપયોગી હતો. પદાર્થ જે દ્રવ્યનો બનેલો છે તેના કણોમાં કેલોરિક ફેલાઈ જાય છે અને તેથી કણો વચ્ચે રહેલી

ખાલી જગ્યામાં વધારો થવાથી પદાર્થનું વિસ્તરણ થાય છે એમ સમજાવવામાં આવ્યું. ઉષ્માના આ મોડેલ થકી ઉષ્માનું પ્રસરણ અને ઉષ્મા થકી થતાં વિસ્તરણને સમજાવી શકાતું હતું પરંતુ તે કેટલીક બાબતો સમજાવવામાં નિષ્ફળ ગયું.

ઉષ્માને લગતી એક એવી ઘટના હતી કે જેમાં કેલોરિક સિદ્ધાંત દેખીતી રીતે નિષ્ફળ ગયો. આ એક સામાન્ય અનુભવની વાત હતી કે જ્યારે પણ બે પદાર્થોને (જેમકે બંને હથેળીઓ) પરસ્પર ઘસવામાં આવે છે ત્યારે ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે અને ઘસવામાં આવેલ બંને પદાર્થોના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. આ અસરને સંતોષકારક રીતે સમજાવવી એ કેલોરિક સિદ્ધાંત સામે એક પડકાર હતો. જો કેલોરિક સિદ્ધાંત સાચો હોય તો દરેક હથેળીમાં રહેલ કેલોરિકની માત્રા અચળ રહી હોત સિવાય કે બહારથી સ્પષ્ટ રીતે ઉષ્મા પૂરી પાડવામાં આવી ન હોય (અહીં આપણે એ પ્રશ્નને બાજુ પર મૂકીએ કે તાપણાં પર હથેળી મૂકનારની હથેળીનું શું થાત ?). હથેળીઓને માત્ર એકબીજાની સામે આગળ-પાછળ હલાવવાથી તેમાં કેલોરિકનો વધારો તો થાય નહીં. આપણો અનુભવ કહે છે કે લગભગ ગમે તે પદાર્થની જોડ સામસામે ઘસવાથી ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે. ઉષ્માનો કેટલો જથ્થો ઉત્પન્ન થશે તેનો આધાર પદાર્થ પર એટલો બધો નથી હોતો જેટલો પદાર્થને આપણે કેટલા બળપૂર્વક એકબીજા સાથે ઘસીએ છીએ તેના પર.

A 5.1 ઘર્ષણ દ્વારા ઉષ્મા

એક સપાટ લોખંડની પટ્ટી (જેમકે હેક્સો બ્લેડ કે ચપ્પુ) અને તેને કોઈ ખરબચડી સપાટી પર ઘસો (જેમકે મોટો પથ્થર કે લોઢીનો નીચેનો ભાગ). બીજો વિકલ્પ છે લખોટીને લાદી પર ઘસો. શું ઘસવાથી ગરમી ઉત્પન્ન થઈ ? શું સંપર્કમાં આવેલ બેમાંથી એક જ સપાટી ગરમ થઈ ? તમારી ઘસવાની ઝડપ બદલ્યા વગર જો તમે લાંબો સમય ઘસો તો શું થશે ? ઘસવાનો સમય એકસરખો રાખીને ઝડપથી અને ધીમેથી ઘસવાથી બંને વખતે ગરમ થયેલ સપાટીના તાપમાનની સરખામણી કરો. વ્યવહારમાં ઘર્ષણથી ગરમી ઉત્પન્ન થયાના ઘણાં દાખલાઓ આપી શકાય, જેમકે વાહન ગતિમાં હોય ત્યારે તેના ટાયર ગરમ થાય છે, પથ્થર કે ધાતુના ટુકડાને મશીનથી કાપતી વખતે મશીનની કાપનારી ચકતી ગરમ થાય છે.

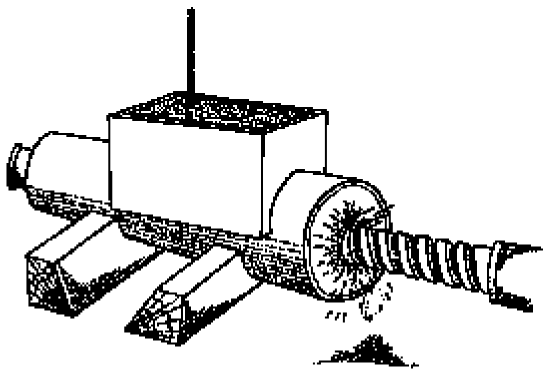
ઉપરના પ્રયોગમાં તમે ઘસવાથી કેટલી ગરમી ઉત્પન્ન કરી શકો તેની કોઈ મર્યાદા ખરી ? ધારો કે આપણે પદાર્થને એક મિનિટ સુધી ઘસીને ઠંડા પાણીમાં ડૂબાડીને ઠંડો કર્યો અને ત્યારબાદ ફરીથી ઘસવાનું શરૂ કર્યું. સૈદ્ધાંતિક રીતે તમે ધારો એટલી વખત આ પ્રક્રિયા કરી શકો છો. તો આ રીતે ઉષ્મા પેદા કરવામાં કોઈ મર્યાદા નથી. જો કેલોરિક સિદ્ધાંત સાચો હોત અને કેલોરિક મુક્ત થવાના કારણે ઉષ્મા ઉત્પન્ન થતી હોત તો ક્યારેક તો બધી કેલોરિક બહાર વહી જાત અને ત્યારબાદ વધારે ઘસવાથી ઉષ્મા પેદા કરવાનું શક્ય જ ન રહેત.

રુમ્ફોર્ડના પ્રયોગો

ઘર્ષણથી ઉષ્મા પેદા કરવાના વ્યાપક પ્રયોગો બેન્જામીન થોમ્પસને કર્યા હતા (પાછળથી તેઓ કાઉન્ટ રુમ્ફોર્ડ તરીકે જાણીતા થયા). તેઓ ગન બનાવતી એક ફેક્ટરીમાં સુપરવાઇઝર હતા. તેઓએ જોયું કે જ્યારે બંદૂકની નળીમાં શારકામ દ્વારા કાણું પાડવામાં આવતું ત્યારે પુષ્કળ પ્રમાણમાં ઉષ્મા પેદા થતી હતી. ખરેખર તો એટલી બધી ઉષ્મા પેદા

સર બેન્જામીન થોમ્પસન, કાઉન્ટ રુમ્ફોર્ડ (1753-1814)

રુમ્ફોર્ડે તેઓના જીવનકાળ દરમિયાન ઘણીબધી બાબતો પર હાથ અજમાવ્યો હતો. તેઓએ આર્મીમાં પોતાની સેવાઓ આપી, કોફી ગાળવાના મશીનની શોધ કરી તેમજ તેઓએ જાણ્યું કે ઘર્ષણથી પેદા થતી ઉષ્મા એ કેલોરિક સિદ્ધાંતનું ખંડન કરતી હતી. તેઓ પ્રવાહીમાં થતા ઉષ્માનયનની ભૂમિકાને રજૂ કરનાર સૌપ્રથમ હતા. આ ઉપરાંત તેઓએ એમ પણ દર્શાવ્યું કે હવા અને પાણી ઉષ્માના મંદવાહકો છે.



આકૃતિ-5.1 : રુમ્ફોર્ડના પ્રયોગમાં બંદૂકની નળીમાં શારકામ કરવાથી પેદા થતી ઉષ્મા

થતી હતી કે જો પાણીમાં રાખીને બંદૂકની નળીનું શારકામ કરવામાં આવે તો પાણી ઉકળવા માંડતું હતું. રુમ્ફોર્ડે આકૃતિ 5.1માં દર્શાવેલ ખાસ ઉપકરણ બનાવીને આ બાબતનું નિદર્શન કર્યું હતું. તેઓએ જોયું કે શારડી (borer) ફરતી હતી ત્યારે જ ઉષ્મા પેદા થતી હતી અને જ્યારે બંદૂકની નળીનું શારકામ (boring) બંધ કરી દેવામાં આવતું ત્યારે તે ધીમે ધીમે સામાન્ય તાપમાને આવી જતી હતી. તેઓએ જોયું કે શારકામ દરમિયાન બહાર પડતા ધાતુના ટુકડાઓ ખૂબ જ ગરમ હતા. આનો અર્થ એમ થયો કે જો કેલોરિક સિદ્ધાંત સાચો હોય તો નળીમાંથી કેલોરિક ગુમાવી દીધા બાદ તે ફરીથી ક્યારેય ગરમ ન થવી જોઈએ. આ સાચું નહોતું.

જ્યારે શારકામ પુનઃ શરૂ કરવામાં આવ્યું ત્યારે નળી ફરીથી ગરમ થવા લાગી અને પેદા થતી ઉષ્મા અંતહીન હતી. શારકામ દરમિયાન બહાર નીકળેલ પદાર્થ અને બાકી રહેલ પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્માની તુલના દ્વારા રુમ્ફોર્ડે એ વાતની પુષ્ટિ કરી કે બંદૂકની નળીમાં રહેલ પદાર્થમાં કોઈપણ પ્રકારનો ભૌતિક ફેરફાર થયેલ નહોતો. કેલોરિકનો વ્યય થવાથી દળમાં ફેરફાર થાય છે કે નહિ તે તપાસવા માટે તેઓએ નળીના શારકામ દરમિયાન બહાર નીકળતા ધાતુના કતરણનું દળ તે ગરમ હોય ત્યારે તેમજ ઠંડું પડ્યા બાદ પણ માપ્યું. તેઓના અવલોકન મુજબ ગરમ કરવાથી દળમાં કોઈ ફેરફાર જોવા ન મળ્યો. કેલોરિક સિદ્ધાંત વિરુદ્ધ આ એક મજબૂત પક્ષ હતો. જો કેલોરિક એક પદાર્થ હોય તો તેનું દળ હોવું જ જોઈએ પરંતુ કાળજીપૂર્વક વારંવાર કરવામાં આવેલા માપનો પૈકી એકેયમાં આ જોવા મળ્યું નહીં.

તેઓએ આ અવલોકનોનો ખૂબ કાળજીપૂર્વક અભ્યાસ કર્યો અને એવા તારણ પર પહોંચ્યા કે કેલોરિકની વિભાવના ખોટી હોવી જોઈએ. આ પ્રયોગો દરમિયાન સૌથી મહત્ત્વની વાત એ મળી આવી કે ઘર્ષણ થકી ઉષ્મા પેદા કરવા માટે ***ગતિ*** જરૂરી છે. આથી તેઓએ રજૂઆત કરી કે ઉષ્મા પેદા થવાનું મૂળ કારણ ગતિ છે. પરંતુ ઉષ્મા સાથે કયા પ્રકારની ગતિ જોડાયેલી હોઈ શકે ? સાફ વાત છે કે કોઈપણ પ્રકારની ગતિ ચાલી શકે નહીં. બે એકસરખા પદાર્થો પૈકી એકને સ્થિર રાખીને

બીજાને તેની આસપાસ ફેરવીએ તો તેના કારણે તાપમાનમાં કોઈ ફેરફાર જોવા મળતો નથી. મનફાવે તે ગતિને ઉષ્મા સાથે જોડી શકાય નહીં એ બાબત પર ભાર આપવા માટે ચાલો, એક વિચાર માગી લે તેવો પ્રયોગ કરીએ.

A 5.2 વિચાર માગી લે તેવો પ્રયોગ

બંદૂકની ફેક્ટરીમાં રુમ્ફોર્ડ દ્વારા કરવામાં આવેલા પ્રયોગોમાં નળીની અંદર શારડીને ફેરવવાને બદલે જો શારડીને નળીની અંદર રાખીને બનતી આખી રચનાને જ ફેરવવામાં આવે તો શું થશે ? શું આ પ્રકારની ગતિ નળીને ગરમ કરશે ?

રુમ્ફોર્ડને એક વાતની તો પાકી ખાતરી હતી કે ઉષ્માનો એકમાત્ર તર્કસંગત સ્રોત ગતિ છે, પરંતુ જોવા મળતી ઉષ્મા માટે કયા પ્રકારની ગતિ જવાબદાર છે તે અંગે તેઓ ચોક્કસપણે કશું કહી શકતા નહોતા. એ વાત બિલકુલ સ્પષ્ટ હતી કે ચીલાચાલુ ગતિ (જેવી કે આખી બંદૂકનું હલનચલન)ને ઉષ્મા સાથે જોડી શકાય નહીં. આ ઉપરાંત ઉષ્મા ત્યારે જ પેદા થતી હતી જ્યારે બે પદાર્થોને એકબીજા સાથે ઘસવામાં આવે. સંપર્કમાં રહેલ સપાટીઓનું સ્વરૂપ અને તેઓ વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિની ઝડપ, એમ આ બે પરિબળોને પેદા થઈ રહેલ ઉષ્માના પ્રમાણ પર અસર કરનાર મહત્ત્વના પરિબળો કહી શકાય. ગતિ અને ઉષ્મા પરસ્પર સંબંધિત છે એવી પૂર્વધારણા (hypothesis)ની રચના તો કરી લીધી પરંતુ એ તપાસ કરવી જરૂરી છે કે ***કયા પ્રકારની ગતિ*** ઉષ્મા પેદા થવા માટે જવાબદાર છે ?

રુમ્ફોર્ડની પૂર્વધારણાને ધ્યાનમાં રાખીને ચાલો કેટલાક પ્રયોગો કરીએ અને જોઈએ કે તેમાંથી આપણને કોઈ દિશાસૂચન મળી શકે છે કે કેવા પ્રકારની ગતિને ઉષ્મા સાથે જોડી શકાય.

5.2 શું પદાર્થમાં રહેલું બધું સ્થિર છે ?

A 5.3 પ્રવાહીમાં મિશ્રણ

બે એકસમાન બીકર લો અને તેમાંના એકને ઓરડાનું તાપમાન ધરાવતા પાણીથી ભરો. બીજા બીકરમાં પણ તેટલું જ પરંતુ અંદાજે 60°C તાપમાન ધરાવતું પાણી ભરો. અહીં જે ગરમ પાણી વાપરો તે અગાઉથી ગરમ કરેલું, હલાવેલું અને પછી સ્થિર થાય ત્યાં સુધી રાહ જોયા બાદ લેવું. બંને બીકરમાં ફાઉન્ટેન પેનની શાહીનું મંદ કરેલું એક-એક ટીપું નાખો. (ફાઉન્ટેન પેનની લાલ શાહીના એક ટીપાંમાં ઓરડાના તાપમાને રહેલા પાણીના 10 ટીપાં નાખીને મંદ કરવામાં આવે તો વધારે સારું રહેશે.) તમારા ડ્રોપરમાંથી દર વખતે એક જ કદના ટીપાં પડે તેની ખાતરી કરવી. શાહી ધીમે-ધીમે કેવી રીતે પ્રસરે છે તે જુઓ. (આકૃતિ 5.2) બંને બીકરમાં શાહી પ્રસરવાના દરની તુલના કરો.



આકૃતિ 5.2 : પાણીમાં શાહીનું પ્રસરણ

આપણા રોજબરોજના અનુભવ પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે મીઠું અથવા ખાંડ ઠંડા પાણી કરતાં ગરમ પાણીમાં જલ્દીથી ઓગળે છે. આ વાતની ખાતરી કરવા માટે ચાલો એક નાનકડો પ્રયોગ કરીએ.

A 5.4 પાણીમાં મીઠું ઓગાળવું

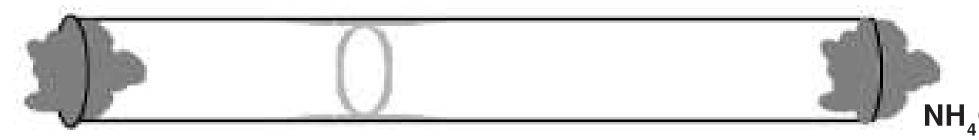
બે એકસરખા ઇન્સ્યુલેટ કરેલા બીકર (અથવા ઇન્સ્યુલેટ કરેલા કપ) લો. તેમાંથી એકમાં ઠંડું (લગભગ 10°C) પાણી જ્યારે બીજામાં ગરમ (લગભગ 80°C) પાણી લો. બંનેમાં પાણીની માત્રા સમાન રાખો. ત્યારબાદ બંનેમાં એક-એક ચમચી મીઠું માપીને નાખો. મિશ્રણને હલાવશો નહિ. કપ કે બીકરને ઢાંકીને બે મિનિટ માટે રહેવા દો. દ્રાવણને હલાવ્યા વિના બંને બીકરના ઉપરના ભાગમાંથી હળવેથી થોડું પાણી લઈને ચાખી જુઓ કે કયું પાણી વધારે ખારું લાગે છે.

આપણે હમણાં જે બે પ્રવૃત્તિઓ કરી તેમાં દ્રાવણમાં ઉમેરવામાં આવેલ પદાર્થ (શાહી અથવા મીઠું)ના ઓગળવામાં જોવા મળેલ તફાવત માટેના પરિબળોની તપાસ કરો તેમજ તેઓના તાપમાનની પણ નોંધ કરો. એ વાત પર ધ્યાન આપો કે બંને પ્રવૃત્તિઓમાં જ્યારે આપણે પાણીમાં શાહી કે મીઠું ઉમેરેલા ત્યારે શરૂઆતમાં તેઓ એક જ જગ્યાએ હતા (અથવા તો પ્રવાહીમાં કોઈ એક નિશ્ચિત સ્થાનની આસપાસ) પરંતુ જેમ-જેમ સમય પસાર થશે તેમ-તેમ તે પદાર્થો એ જ નિશ્ચિત સ્થાન પર રહ્યા નહોતા. ***પદાર્થ પ્રવાહીમાં વિવિધ સ્થાનો તરફ ખસ્યો હતો.*** ઉષ્માનો સંબંધ ગતિ સાથે છે. એવા રુમ્ફોર્ડના તારણોના અનુસંધાનમાં તમારા તારણો તપાસો. નીચેના વિધાનોની ચકાસણી કરો.

- પાણીમાં બધી જ જગ્યાએ એકસમાન રીતે પ્રસરી ન જાય ત્યાં સુધી શાહી પાણીમાં અસ્તવ્યસ્ત રીતે પ્રસરે છે, એટલે કે તે પાણીમાં એકસમાન રીતે પ્રસરે છે અને તેની સાથે એકરૂપ થઈ ભળી જાય છે.
- જો પાણી ગરમ હોય તો એકરૂપતા જલ્દીથી આવે છે.
- ઉપરના અવલોકનો શાહીના ટીપાંનું કે મીઠાના કણોનું વિસ્તરણ કે ફેલાવ માત્ર જ નથી દર્શાવતા પરંતુ તે તેઓની વિભાજનક્ષમતાનું સૂચન કરે છે.
- આપણે આ વિભાજીત એકમોને ***કણો*** કહીએ છીએ.
- જેમ પાણી વધારે ગરમ તેમ આ કણોની ગતિ વધારે.
- ઉષ્મા ***કણોની*** ગતિને અસર કરે છે.

ચાલો હવે આપણે વાયુની વાત કરીએ. શું વાયુઓમાં આપણે કોઈ આંતરિક ગતિ જોઈ છે ? ઘણાં બધા વાયુઓ અને ખાસ કરીને આપણી આસપાસની હવા પારદર્શક હોવાથી આપણે વાયુઓની આ આંતરિક ગતિ જોઈ શકતા નથી. પરંતુ એવા ઘણા દાખલાઓ છે કે જેમાં આપણને હવામાં આંતરિક ગતિ હોવાનો અણસાર મળે છે.

ઉદાહરણ તરીકે, જ્યારે આપણે દીવાલ અથવા બારીમાં રહેલ ઝીણી ફાટમાંથી કે કાણામાંથી ઓરડામાં આવતા પ્રકાશને જોઈએ છીએ ત્યારે પ્રકાશ દ્વારા ઝગમગતા, હવામાં લટકેલા કે નિલંબિત અવસ્થામાં રહેલ ધૂળના રજકણોને જોઈ શકીએ છીએ. આ રજકણો સામાન્ય રીતે આડાઅવળા, કોઈપણ દિશામાં ગતિ કરતાં જોવા મળે છે. આ ગતિનું કારણ શું ? આપણે જાણીએ છીએ કે ક્યારેક ધૂળના આ રજકણો હવામાં હોય છે ત્યારે દર્શાવતા



HCl ધરાવતું રૂનું પૂમડું

અહીં પ્રક્રિયા થઈને વાદળ જોવા મળ્યું

NH_4OH ધરાવતું રૂનું પૂમડું

આકૃતિ 5.3 : બે વાયુઓના ફેલાવામાં તફાવત

વર્તનથી બિલકુલ વિરુદ્ધ વર્તન કરીને ભોંયતળિયે કે અન્ય સપાટીઓ પર ચોંટી જાય છે અને કોઈ ગતિ દર્શાવતા નથી. શું તેમની આ ગતિમાં હવાની કોઈ ભૂમિકા હોઈ શકે ?

તમે ક્યારેય તાજા રંગેલા ઓરડામાં રંગની ગંધનો અનુભવ કર્યો છે ? આવું કેમ થાય છે ? જો તમે એક પેટ્રીડીશમાં આલ્કોહોલ ભરીને તેને બંધ ઓરડામાં મૂકી દો તો શું થોડા સમય બાદ ઓરડામાંની હવામાંથી આલ્કોહોલની ગંધ આવશે ? શું થોડીવાર પછી પેટ્રીડીશમાંના આલ્કોહોલની માત્રામાં ઘટાડો થાય છે ? શું આ બાબત એમ સૂચવે છે કે આલ્કોહોલ સમગ્ર હવામાં પ્રસરે છે ?

શું વાયુની અંદર ગતિ હોય છે ? શું વાયુઓ પ્રસરે છે અને એકબીજામાં ભળી જાય છે ? ચાલો આપણે શોધી કાઢીએ.

A 5.5 વાયુઓમાં પ્રસરણ

કાચની એક લાંબી નળી લો. રૂના બે પૂમડા લઈ એકને હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ અને બીજાને એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડમાં બોળીને આકૃતિ 5.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર સમક્ષિતિજ (આડી) રાખેલ નળીના બંને છેડામાં નાખો. ***અહીં સાવચેત રહેજો કારણ કે બંને રસાયણો ચામડી માટે નુકસાનકારક છે. આથી રૂના પૂમડાને પકડતી વખતે મોજા પહેરો અથવા તો ચીપિયાનો ઉપયોગ કરો તેવી ભલામણ છે.*** *એમોનિયમ ક્લોરાઈડની રચના થઈ રહી હોવાથી નળીના કોઈ ચોક્કસ સ્થાને સફેદ વાદળ જેવું દેખાવાનું શરૂ થશે. જે સ્થાને આ સફેદ વાદળ બનવાનું શરૂ થાય તે સ્થાનને અંકિત કરો. હવે નળીને ઊભી પકડી રાખીને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો પરંતુ એ વાતનું ખાસ ધ્યાન રાખવું કે નળીના જે છેડા પર હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ અને એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ હોય તે પરસ્પર બદલાઈ ન જાય. પહેલી વખત વાદળ જ્યાં બન્યું હતું તેની સરખામણીએ આ વખતે વાદળ ક્યાં બન્યું ? નળીને ઊભી જ પકડી રાખો. પરંતુ ઉપરની બાજુ નીચે તરફ અને નીચેની બાજુ ઉપર તરફ રાખીને આ પ્રયોગ ફરીથી કરો. જો કાચની નળી ના મળે તો તમે પ્લાસ્ટિકની પારદર્શક શીટનો ઉપયોગ કરી શકો છો. તેને નળાકાર બનાવી લંબાઈ ધરાવતી બાજુએ સેલોટેપ લગાવીને ચીપકાવી દો.*

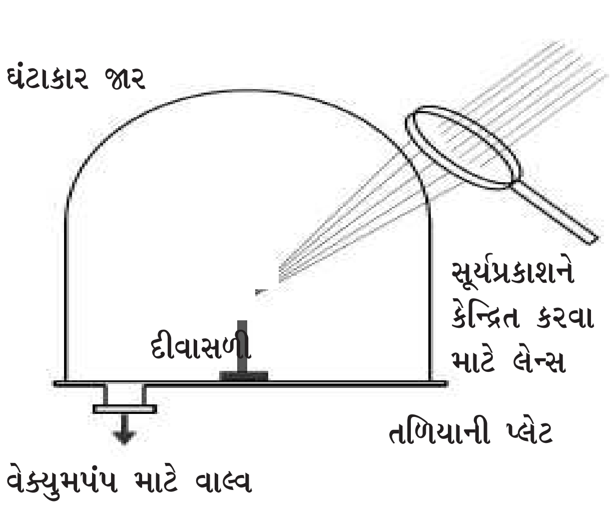
એમોનિયમ ક્લોરાઈડનું સફેદ વાદળ બંને બાજુના પૂમડાંથી થોડા અંતરે બન્યું હતું. આનો અર્થ એમ થયો કે એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડમાંથી એમોનિયા અને હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડનાં દ્રાવણમાંથી હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ રૂનાં પૂમડાંથી દૂર ***ખસ્યા*** હતાં અને પરસ્પર પ્રક્રિયા કરવા માટે હવામાં ફેલાયા હતા. શું એમોનિયમ ક્લોરાઈડના વાદળનો આકાર નિયમિત હતો ? શું તમે કહી શકશો કે તે ક્યાં બન્યું હતું, કેવી રીતે વિકસ્યું હતું અને કેવી રીતે ફેલાયું હતું ?

પ્રવાહીને મિશ્રિત કરવાના સંદર્ભમાં તમે જે પરીક્ષણો કર્યા હતા તેને ફરી એક વખત ધ્યાન પર લો. પરંતુ આ વખતે હવામાં રંગ, આલ્કોહોલ, હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડ અને એમોનિયા જે રીતે ફેલાય છે તેના સંદર્ભમાં. જો આ પદાર્થોને આસપાસની હવા દૂર કર્યા બાદ બનેલા શૂન્યાવકાશમાં ફેલાવવાનું હોત તો શું તેમનાં ***કણોની*** ગતિમાં કોઈ ફેર પડ્યો

હોત ? ચાલો હવે આપણે એક પ્રયોગ કરીએ જેમાં આપણે પદાર્થના હવામાં અને શૂન્યાવકાશમાં થતાં પ્રસરણની તુલના કરીશું.[1]

A 5.6 શૂન્યાવકાશમાં ધૂમાડો

એક ઘંટાકાર જાર લો, જેના તળિયાની પ્લેટ હવાચૂસ્ત હોય તેમજ તેમાં એક બૂચ અથવા વાલ્વની વ્યવસ્થા હોય. આ તળિયાની પ્લેટ પર એક પેટ્રીડીશ મૂકો અને તેમાં મીણનાં ટપકાની મદદથી એક માચીસની સળીને ઊભી રહે તે રીતે ચોંટાડો. હવે તળિયાની પ્લેટને ઘંટાકાર જાર વડે ઢાંકી દો. એક મોટો બહિર્ગોળ લેન્સ લો અને તેની મદદથી સૂર્યપ્રકાશને દીવાસળી પર કેન્દ્રિત કરીને તેને સળગાવો. (જુઓ આકૃતિ 5.4) દીવાસળીમાંથી નીકળતો ધૂમાડો કઈ રીતે ગતિ કરે છે ? હવે ઘંટાકાર જારને ખોલીને તેમાં રહેલ સળગેલી દીવાસળીની જગ્યાએ નવી દીવાસળી મૂકો. ફરીવાર જારને ઢાંકો અને તેમાં રહેલ હવાને પંપની મદદથી બહાર કાઢી લો. જારને શૂન્યાવકાશીત કર્યો હોવા છતાં પણ દીવાસળી સળગશે કારણ કે દીવાસળીનું ટોચકું પોટેશિયમ ક્લોરેટ ધરાવે છે કે જે ઓક્સિજનને મુક્ત કરે છે. પુનઃ એ જ લેન્સનો ઉપયોગ કરીને દીવાસળીને સળગાવવાની પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. હવે દીવાસળીના ધુમાડાની ગતિ અંગે તમે કેવી અપેક્ષા રાખો છો ?



આકૃતિ 5.4 : અંશતઃ શૂન્યાવકાશમાં ધૂમાડાની અવરોધવિહીન ગતિ જોવા માટેનો પ્રયોગ

ઉપરના પ્રયોગમાં જોવા મળ્યું કે ઘંટાકાર જારમાં સ્થિર હવા હાજર હતી ત્યારે ધૂમાડો બનતાં તે ઉપર તરફ ગયો અને છેવટે સમગ્ર ઘંટાકાર જારમાં ફેલાઈ ગયો. જ્યારે ઘંટાકાર જારને શૂન્યાવકાશીત કરવામાં આવે છે ત્યારે પણ ધૂમાડો લગભગ વત્તાઓછા અંશે એ જ રીતે બધી દિશાઓમાં પ્રસરે છે અને સીધો દીવાસળીથી દૂર જાય છે. આ બે ઘટનાઓની તુલના કેરમની રમતમાં ઉદ્‌ભવતી બે પરિસ્થિતિઓ સાથે કરો. જો તમે ક્વીન કૂકરીને વચ્ચે રાખીને તેની આસપાસ બીજી છ કૂકરીને ચપોચપ ગોઠવી દો અને ત્યારબાદ સ્ટ્રાઈકર મારો તો તેઓ મોટાભાગે કેન્દ્રથી દૂરની તરફ જશે. હવે બીજી તરફ મોટી સંખ્યામાં કૂકરીને બોર્ડ પર આડીઅવળી ફેલાવી દઈને કોઈપણ કૂકરીને આશરે મારતાં તે આમતેમ ગમે તે રીતે ચાલશે. શું હવાયુક્ત અને શૂન્યાવકાશીત ઘંટાકાર જારમાં ધૂમાડાના કણોની ગતિ વચ્ચે રહેલો તફાવત એ સૂચિત કરે છે કે હવાના કણો ધૂમાડાના કણોની ગતિ પર કેવી અસર કરે છે ?

ઉપરના અવલોકનોને ધ્યાનમાં રાખીને નીચેના વિધાનોની તપાસ કરો.

- હવાની હાજરીમાં ધૂમાડાના કણો આમતેમ ગમે તે રીતે ગતિ કરે છે કારણ કે તેઓ હવાના કણો સાથે અથડાય છે.
- જ્યારે હવાના કણોને દૂર કરવામાં આવે છે ત્યારે દીવાસળીમાંથી નીકળતા ધૂમાડાના કણો કોઈપણ પ્રકારની અથડામણ વગર સીધી રેખામાં ગતિ કરે છે.

(1) આ પ્રવૃત્તિ કદાચ શાળામાં શક્ય નહીં બને. આ પ્રવૃત્તિનું વિડીયો રેકોર્ડિંગ નીચેની લીંક પર પ્રાપ્ય છે. http://www.eklavya.in/616

જ્હોન ડાલ્ટન (1766-1844)

વાયુઓના વર્તનનું સ્પષ્ટીકરણ કરતાં તમામ આનુભવિક/પ્રયોગમૂલક નિયમો અને તે ઉપરાંત રાસાયણિક સંયોજનોના નિયમોની સમજ આપતું સૈદ્ધાંતિક માળખું ઊભું કરવાનો શ્રેય જહોન ડાલ્ટનના ફાળે જાય છે. હવામાનશાસ્ત્રમાં રહેલ તેઓનો રસ તેમને રસાયણશાસ્ત્ર તરફ દોરી ગયો. તેઓ હવામાં રહેલ વિવિધ વાયુઓની માત્રા અને વિતરણનો અભ્યાસ કરી રહ્યા હતા. (આ જ અભ્યાસ તેમને આંશિક દબાણના નિયમ તરફ દોરી ગયો) અને તેનાં અંતે તેઓ એવા તારણ પર પહોંચ્યા કે દ્રવ્યનો કણ સ્વભાવ જ તેમના અવલોકનોને શ્રેષ્ઠ રીતે સમજાવી શકે છે. જોકે આ વિચાર તો લગભગ 2000 વર્ષો અગાઉ ડેમોક્રીટ્સ દ્વારા રજૂ કરવામાં આવેલ હતો અને સમયાંતરે લ્યુક્રેટિયસ, ગેલિલીયો, બોઈલ જેવા વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા પુનઃ સજીવન થતો રહ્યો હતો. પરંતુ ડાલ્ટન આ વિચારને વૈજ્ઞાનિક રીતે રજૂ કરવામાં સફળ થયા અને તેમાં તેઓએ દરેક પરમાણુ સાથે વજનને જોડ્યું અને તેના આધારે કરેલા માપનોને સિદ્ધાંતો સાથે જોડ્યા. કેટલાક સાદા અનુમાનોના આધારે તેઓ વિવિધ તત્ત્વોના પરમાણુભારની ગણતરી કરી શક્યા. જોકે તેઓના કાર્યની અંતિમ સ્વીકૃતિ થાય તે પહેલાં તેમાં ઘણાં સુધારાવધારા થયા પરંતુ આધુનિક પરમાણું સિદ્ધાંતની અવધારણા રજૂ કરવાનો શ્રેય તો તેમને આપવો જ રહ્યો.

5.3 દ્રવ્ય/પદાર્થ અને ઉષ્માનું આધુનિક મોડેલ

આ પ્રકરણમાં આપણે જેટલા પ્રયોગોની ચર્ચા કરી છે તેમાં જણાયું છે કે પ્રવાહી અને વાયુઓમાં કોઈક પ્રકારની ગતિ સતત થયા કરે છે. જ્યારે પ્રવાહીમાં અન્ય કોઈ પ્રવાહી કે ઘન પદાર્થ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે તે બહારનો પદાર્થ બધી દિશામાં ગમે તેમ પ્રસરે છે અને છેવટે પ્રવાહી અથવા વાયુમાં પૂર્ણ રીતે મિશ્રિત થઈ જાય છે. આપણે એ પણ જાણ્યું કે ઠંડા કરતાં ગરમ પ્રવાહી અથવા વાયુમાં આ મિશ્રણ વધારે ઝડપથી થાય છે.

અહીં કાળજી માટેની એક ટકોર જરૂરી છે. પદાર્થની અંદર રહેલ મિશ્રણ અથવા પ્રસરણ જેવી ગતિ અંગેની આપણી તમામ ચર્ચામાં ગતિનો આ ***વ્યાપ*** એટલે ગતિમાં દેખાતાં હોય તે પ્રવાહીની ***માત્રા*** અથવા એ ***અંતર*** કે જ્યાં સુધી ગતિ જોઈ શકાય છે. જે ગતિ ઉષ્મામાં પરિણમે છે તેના વ્યાપ કરતાં તો આ વ્યાપ વાસ્તવમાં ખૂબ વધારે હતો. તેમ છતાં ઉષ્મા પેદા થવા માટેની કારણભૂત એવી ગતિનું તે નાના પાયા પર નિદર્શન કરે છે. આપણે હવે પછીના પ્રકરણમાં જોઈશું કે આ કણો કેટલાં સૂક્ષ્મ હોય છે અને પદાર્થમાં તેઓ કેટલા સઘન (ચુસ્ત) રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે. એનાથી આપણને એ પણ ખ્યાલ આવશે કે કણોની ગતિનો વ્યાપ કેટલો સૂક્ષ્મ હોય છે.

વિવિધ પ્રયોગો અને અવલોકનો (જે પૈકી કેટલાકની આપણે ચર્ચા કરી છે)ના આધારે વૈજ્ઞાનિકો એક પૂર્વધારણા રજૂ કરે છે, ***દરેક પદાર્થ નિરંતર રીતે અવ્યવસ્થિત ગતિ કરતાં સૂક્ષ્મ કણોનો બનેલો હોય છે.*** એવી પૂર્વધારણા કે 'દરેક પદાર્થ સૂક્ષ્મ, એકરૂપ અને અવિભાજ્ય કણોનો બનેલો હોય છે.' રજૂ થવાથી ઉષ્માની ઘટનાનું સ્પષ્ટીકરણ કરવું સરળ

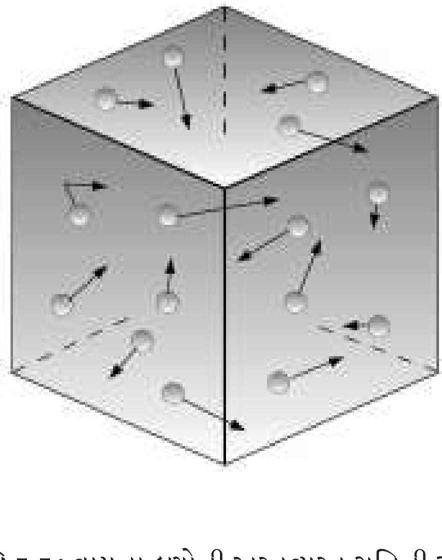
બ્રાઉન, આઈન્સ્ટાઈન અને બ્રાઉનિયન ગતિ

રોબર્ટ બ્રાઉન (1773-1858) એક વનસ્પતિશાસ્ત્રી હતા. તેઓ કેન્દ્ર (nucleus) અને કોષરસીય પ્રવાહ (cytoplasmic streaming)ની વાત કરનાર સૌપ્રથમ હતા. તેમનો આ મોડ્યુલમાં ઉલ્લેખ કરવામાં આવ્યો છે કારણ કે નિલંબિત સૂક્ષ્મકણોની સતત કંપન ધરાવતી ગતિને બ્રાઉનિયન ગતિ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. જોન ઈંગેંહોઝ દ્વારા 1784-85 દરમિયાન આ બાબતનો અહેવાલ રજૂ કરવામાં આવેલ હોવા છતાં તેને બ્રાઉનીયન ગતિના નામે ઓળખવામાં આવે છે. ઈંગેંહાઝે આ બાબતનું અવલોકન ચારકોલના કણોમાં કર્યું. જ્યારે બ્રાઉન છૂંદાયેલા પરાગકણો દ્વારા છોડવામાં આવેલ તેમજ પાણીમાં નિલંબિત અવસ્થામાં રહેલા એવા સૂક્ષ્મ કણોનું અવલોકન કરી રહ્યા હતા. બ્રાઉનના પ્રયોગમાં પરાગકણો પાણીના અણુઓ સાથેની અથડામણના કારણે ગતિ કરતાં હતાં. આ પરાગકણો સૂક્ષ્મ હોવા છતાં માઈક્રોસ્કોપ દ્વારા જોઈ શકાય તેટલું કદ તે ધરાવતા જ હતા. પાછળથી બ્રાઉને આ જ ઘટનાનું અવલોકન નિર્જીવ વસ્તુઓના કણોમાં પણ કર્યું અને છેવટે તેઓ એવા નિષ્કર્ષ પર આવ્યા કે આ પ્રકારની ગતિ સજીવ (life) દ્વારા ઉદ્ભવતી નહોતી.

આ ગતિનાં વિશેષ સ્પષ્ટીકરણ માટે લગભગ પોણી સદીની રાહ જોવી પડી અને છેવટે તે આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈન (1879-1955) દ્વારા આપવામાં આવી. આઈન્સ્ટાઈન સૌથી વધુ પ્રખ્યાત અને જાણીતા તેવા વૈજ્ઞાનિક હતા અને તેમને જીનીયસના પર્યાય તરીકે ઓળખવામાં આવતા હતા. સામાન્ય અને વિશિષ્ટ સાપેક્ષતાની શોધને કારણે તેઓ ઓળખાતા હોવા છતાં તેમને ફોટો ઈલેક્ટ્રિક અસરના કાર્ય માટે નોબલ પ્રાઈઝ મળેલ હતું. અંકશાસ્ત્રીય યંત્રવિજ્ઞાનની સમસ્યાઓ પરના તેઓના કાર્યને લીધે કણોના અસ્તિત્વના પુરાવા સ્વરૂપે બ્રાઉનિયન ગતિનું સ્પષ્ટીકરણ કરવામાં મદદ મળી. આ જ બાબતે ગતિઊર્જાના આધુનિક સિદ્ધાંતનો પાયો નાખ્યો.

બની ગયું. ઉષ્મા એ *ઘટક કણોની ગમે તે દિશામાં થતી ગતિ* સાથે સંબંધ ધરાવે છે અને તેમાં કણોની પરસ્પર થતી અથડામણ અને તે દ્વારા ઉદ્ભવતી વિવિધ દિશામાં પરંતુ અલગ-અલગ ઝડપથી થતી કણોની ગતિ પણ પોતાનો ફાળો આપે છે.

આકૃતિ 5.5 પરથી વાયુમાં રહેલ કણોની ગતિ અંગેનો અંદાજિત ખ્યાલ આવી શકે છે. નિર્ણાયક મુદ્દા છે ગતિની અવ્યવસ્થિતતા અને કણો વચ્ચેની અથડામણો - જો તેને નિર્દેશિત ગતિ સાથે સરખાવીએ. (જેવી કે જ્યારે કોઈ કણ સુવ્યાખ્યાયિત-well defined-પથ ઉપર અન્ય કોઈ કણો સાથે અથડામણો કર્યા વિના ગતિ કરે અથવા તો સમગ્ર પદાર્થની ગતિ)



આકૃતિ 5.5 : વાયુના કણોની અસ્તવ્યસ્ત ગતિની રજૂઆત. અણુઓ વચ્ચેની ભિન્નતાની તુલનામાં તેમના કદને ખૂબ મોટા કરીને દર્શાવેલ છે.

આ પૂર્વધારણા ઉષ્મા, તાપમાન, દબાણ અને પ્રસરણ સંબંધિત મોટાભાગના અવલોકનોની સમજ આપે છે. પદાર્થને જેમ-જેમ ગરમ કરવામાં આવે છે તેમ-તેમ પદાર્થમાં રહેલા કણો વધારે ઝડપથી ગતિ કરે છે. પ્રવાહી અથવા વાયુમાં કણોની ગતિ અસ્તવ્યસ્ત હોય છે જ્યારે ઘન પદાર્થોમાં લોલકની માફક અથવા વજન લટકાવેલ સ્પ્રિંગની માફક તેના ઘટક (મૂળભૂત) કણો આગળ અને પાછળ ખસે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો તેઓ કોઈ નિશ્ચિત બિંદુની આસપાસ ગમે તે દિશામાં ***દોલન (oscillate)*** કરે છે. ખૂબ જ ઊંચું તાપમાન ન હોય ત્યાં સુધી તેઓ ઘન પદાર્થને છોડતાં નથી. પદાર્થની ગરમીમાં વધારો થતાં તેના ઘટક કણો પણ વધારે ઝડપથી ખસે છે. જ્યારે પદાર્થ ઠંડો પડે છે ત્યારે તેના ઘટક કણોની ગતિ ધીમી પડે છે. કોઈ ચોક્કસ વાતાવરણમાં મૂકી રાખવામાં આવે તો ઘન, પ્રવાહી અથવા વાયુઓ વાતાવરણ સાથે સંતુલન પ્રાપ્ત કરે છે. આ દરમિયાન તેઓના કણો અને આસપાસના વાતાવરણના કણો વચ્ચે ઊર્જાનો વિનિમય થાય છે. હવે પછીના પ્રકરણમાં આપણે એ વિચાર પર આગળ વધીશું કે ઉષ્મા એ જે-તે પદાર્થના કણોની ગતિ સિવાય બીજું કંઈ નથી. આ ઉપરાંત પદાર્થના કણ સ્વરૂપ હોવા અંગેના મોડેલ તેમજ કણોની ગતિના સંદર્ભમાં આપણે તાપમાનને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

સારાંશ :

- *દ્રવ્યના આધુનિક મોડેલની અવધારણા અનુસાર ઘન પદાર્થમાં કણ આગળ અને પાછળ દોલન કરે છે જ્યારે પ્રવાહી અને વાયુમાં અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરે છે.*

- *ઉષ્મા એ કણોની નિરંતર એવી અસ્તવ્યસ્ત ગતિ સાથે સંબંધિત છે. જેમ પદાર્થ વધુ ગરમ તેમ તેના કણોની અસ્તવ્યસ્ત ગતિ વધારે ઝડપી બને છે.*

- *ઉષ્મા એ સમગ્ર પદાર્થની ગતિ સાથે સંબંધિત નથી.*

પ્રકરણ-6

તાપમાન અને પદાર્થનો કણ સ્વભાવ

પદાર્થ અને ઉષ્મા અંગેના આપણા મોડેલમાં અસ્તવ્યસ્ત દિશામાં અથવા દોલન સ્વરૂપે સતત ગતિમાં રહેતા કણોનો સમાવેશ થાય છે. આપણે એવા દાખલાઓ જોયા કે જેમાં માધ્યમને ગરમ કરવાથી ગતિમાં વધારો થાય છે. આમ પદાર્થના ગરમ અથવા ઠંડા હોવાનો અહેસાસ એ પદાર્થના મૂળભૂત કણો કેટલી ઝડપથી ગતિ કરી રહ્યા છે તેની સાથે સંબંધિત છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ***તાપમાન (temperature)*** શબ્દ એ કણોની ગતિ સાથે જોડાયેલ છે. આપણે આ એકમ રાશિ તાપમાનને કેવી રીતે વ્યાખ્યાયિત કરીશું કે જેથી તે સમગ્ર કણોની ગતિનું પ્રતિનિધિત્વ કરી શકે ?

6.1 પદાર્થના કણો કેટલા મોટા હોય ?

શરૂ કરવા માટે, ચાલો આપણે એક અંદાજ લગાવીએ કે આપણે કેટલા કણો સાથે કામ કરવાનું થશે. પહેલા પગથિયાં તરીકે ચાલો એ અંદાજ કાઢીએ કે આ કણો કેટલાં નાના હોઈ શકે અને તેના આધારે 1 લિટર પ્રવાહીમાં કેટલા કણો હોઈ શકે તેનો અંદાજ લગાવીશું. સરળતા ખાતર આપણે એમ માની લઈએ કે કણો સમઘન સ્વરૂપના છે.

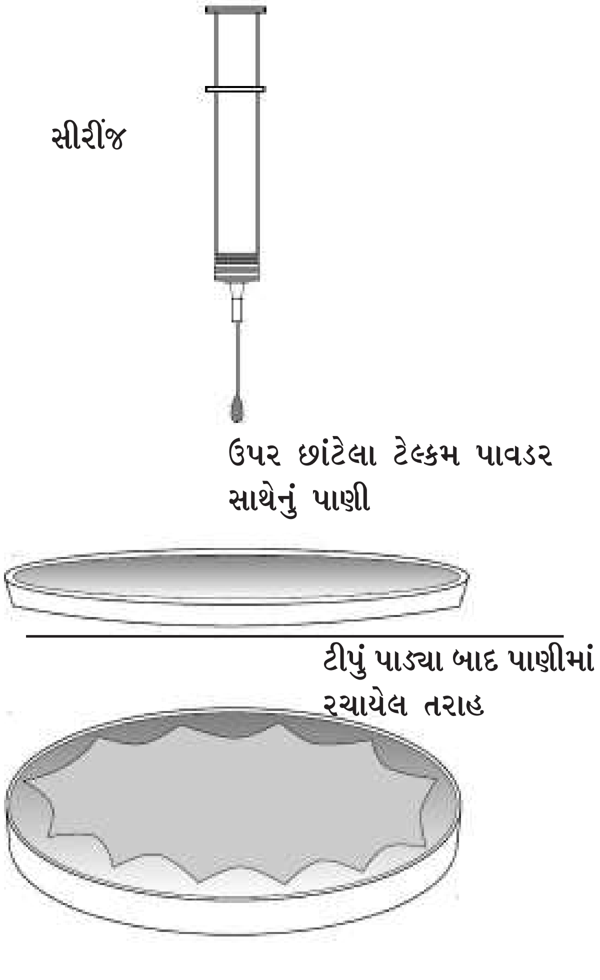
A 6.1 આપેલા કદમાં કણોની સંખ્યા

પાણી ઉપર તૈલી પદાર્થની પાતળા સ્તરની જાડાઈ અને કદ નક્કી કરવાનો પ્રયાસ આ પ્રવૃત્તિમાં કરવાનો વિચાર છે. આ પાતળું સ્તર કે ફિલ્મ તૈલી પદાર્થના કણોના એક જ સ્તરની બનેલી છે એમ ધારી લઈને ઉપરની માહિતીના આધારે એક કણનું કદ અને તે સ્તરમાં રહેલ કુલ કણોની સંખ્યાની ગણતરી કરીશું. આ પ્રવૃત્તિ માટે હેક્ઝેન અથવા બેન્ઝિન જેવા દ્રાવકમાં ઓગાળેલ ઓલિક એસિડ વધારે અનુકૂળ રહે છે. પરંતુ આ સિવાયના તૈલી દ્રાવકના સંયોજનો પણ ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે.

20 મિલિ હેક્ઝેન અથવા બેન્ઝિન જેવા ઓર્ગેનિક દ્રાવકમાં 0.2 મિલિ ઓલિક એસિડ ઓગાળો. એક અંકિત કરેલ સીરીંજ (2 મિલિ કદની) લો અને એક ઝીણી સોય (28 ગેજ કે તેનાથી પણ ઝીણી) લો અને ખાતરી કરો કે તે એકસરખા ટીપાં પાડે છે. એવી સ્થિતિ ઊભી કરો કે જેમાં તમે એક સમયે એક જ ટીપું પાડી શકો. 0.2 મિલિ દ્રાવણ તૈયાર કરવા માટે જરૂરી ટીપાંઓની સંખ્યા (ધારો કે m) ગણીને તેના આધારે દ્રાવણનાં એક ટીપાંના કદની ગણતરી કરો. આમ એક ટીપાંનુ કદ $m/0.2$ મિલિ થશે તેમજ આ એક ટીપાંમાં ઓલિક એસિડનું કદ (V) $(0.2/20)\times(1/m)$ અથવા $1/(100m)$ મિલિ થશે.

આકૃતિ 6.1માં દર્શાવ્યા અનુસાર એક સપાટ પ્લેટ (અંદાજે 50 સેમી વ્યાસ ધરાવતી) લઈ તેને પાણીથી ભરીને તેની સપાટી પર રોજીંદા વપરાશમાં લેવાતો હોય તે ટેલ્કમ પાવડર છાંટો. ટેલ્કમ પાવડર તૈલી ફિલ્મના ક્ષેત્રફળને રેખાંકિત કરવામાં મદદરૂપ થશે.

સાવચેતીઓ : *પંખા બંધ કરો અને પાણીની સપાટી સ્થિર હોય તેમજ તમે તેલનું ટીપું પાડવા માટે તૈયાર હોવ તેનાથી બિલ્કુલ અગાઉ જ ટેલ્કમ પાવડર છાંટવો. વહેલો નાખવાથી પાવડર ભીનો થઈ જશે અને તૈલી ફિલ્મને રેખાંકિત કરવામાં કામનો રહેશે નહિ.*



આકૃતિ 6.1 : (ઉપરની) પાણીની સ્થિર સપાટી પર તેલની માપેલી માત્રા દ્વારા પાતળી ફિલ્મ બનાવવી. (નીચેની) ટેલ્કમ પાવડર દ્વારા રેખાંકિત થયેલ પાણી પર બનેલ તેલની પાતળી ફિલ્મ. સીમાઓ કદાચ ચોખ્ખી ન દેખાય પણ તૂટેલી રેખા દ્વારા દર્શાવેલ વર્તુળ દ્વારા તેનો અંદાજ લગાવી શકાય છે.

*અગાઉ તૈયાર કરેલ ગોઠવણ મુજબ ઓલિક એસિડના દ્રાવણનું એક ટીપું હળવેથી પાણીની સપાટી પર મૂકો. પાણીની સપાટી પર ટીપાંનું પ્રસરણ થતાં જ દ્રાવક (**solvent**)નું બાષ્પીભવન થઈ જશે અને ઓલિક એસિડની લગભગ વર્તુળાકાર એવી પાતળી ફિલ્મ પાછળ છોડી જશે. આ ફિલ્મનો વ્યાસ માપો (d સેમીમાં). તેના ક્ષેત્રફળ*

$$A = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)$$

ની ગણતરી કરો.

ચાલો હવે આપણે ઓલિક એસિડના કણોના કદની ગણતરી કરીએ.

● ધારો કે ફિલ્મ કણોના એક જ સ્તરની બનેલી છે, તો પછી જો કણો s લંબાઈ ધરાવતી બાજુના સમઘન હોય તો ફિલ્મની જાડાઈ પણ s જ થશે. ફિલ્મના આ સ્તરનું કદ $V = sA$ થશે. પ્રયોગ દરમિયાન V અને Aનું માપન કરેલ હોવાથી આપણે sની ગણતરી કરી શકીએ છીએ.

- દરેક કણનું કદ S^3 થશે અને તેથી તૈલીય ફિલ્મમાં રહેલા કુલ કણોની સંખ્યા $N = \frac{V}{s^3}$ થશે.
- આથી 1 મિલિ ઓલિક એસિડમાં રહેલા કણોની સંખ્યા mN થશે.

સામાન્ય રીતે વાયુઓની સરખામણીએ પ્રવાહીઓમાં અણુઓ વધારે નજીક ગોઠવાયેલા હોય છે જ્યારે ઘન પદાર્થોમાં રહેલા અણુઓ પ્રવાહી કરતાં વધારે નજીક ગોઠવાયેલા હોય છે.વાયુઓમાં અણુની સંખ્યા 10^{19} પ્રતિ મિલિ જ્યારે પ્રવાહી અને ઘનમાં 10^{22} પ્રતિ મિલિ હોય છે. આમ, નરી આંખે દેખાતો દ્રવ્યનો જથ્થો વાસ્તવમાં ખૂબ વિશાળ સંખ્યામાં અણુઓ ધરાવે છે.

એવોગેડ્રો અને તેનો નંબર

લોરેંઝો રોમાનો એમેડો કાર્લો એવોગેડ્રો ડી ક્વારેગ્ના એ ડી સેરેટો (1776-1856) પણ એક એવા વૈજ્ઞાનિક છે કે જેઓના કામની યોગ્ય સરાહના તેઓના પોતાના જીવનકાળ દરમિયાન નહોતી થઈ. સંયોજાતા વાયુઓના કદ અંગેના ગે-લ્યુસેકના કાર્યને આધારે એવોગેડ્રોએ શોધ્યું કે જુદા-જુદા વાયુઓના એકસમાન કદ લઈએ તો (તાપમાન અને દબાણની એકસમાન પરિસ્થિતિ હેઠળ) તેઓના દળો વચ્ચેનો સંબંધ તેઓના અણુભાર વચ્ચે રહેલા સંબંધના જેવો જ જોવા મળે છે. તત્ત્વોના પરમાણુઓ અને અણુઓ વચ્ચેનો ભેદ ઓળખનાર અથવા તો એકસમાન તત્ત્વના પરમાણુઓ જોડાઈને અણુઓ બનાવે છે તે વાત રજૂ કરનાર તેઓ સૌપ્રથમ હતા. લગભગ 1821ની આસપાસ તેઓએ રજૂઆત કરી કે બધા જ વાયુઓ આપેલા કદમાં લગભગ એકસમાન અણુઓ ધરાવે છે (સમાન તાપમાને). આ પ્રસ્તાવને સમય જતાં ચકાસવામાં આવ્યો અને તેનું સામાન્યીકરણ કરવામાં આવ્યું. કોઈપણ પદાર્થના એક મોલમાં રહેલા કણો (પરમાણુઓ અથવા અણુઓ)ની સંખ્યાને તેઓના માનમાં એવોગેડ્રો સંખ્યા તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. મોલ એટલે પદાર્થની એવી માત્રા કે જે તેના આણ્વીક અથવા પરમાણ્વીય દળને ગ્રામમાં દર્શાવે છે.

દાખલા તરીકે જો તમે કોઈ શુદ્ધ પદાર્થના M ગ્રામ લો છો. (જ્યાં M એ તેનો અણુભાર છે) તો તેમાં રહેલ અણુઓની સંખ્યા એકસમાન હશે, પછી ભલેને તે પદાર્થ ગમે તે હોય. આનો અર્થ એમ થયો કે 2 ગ્રામ H_2, 18 ગ્રામ પાણી અથવા તો 63.5 ગ્રામ કોપર એ તમામમાં રહેલા પરમાણુઓ અથવા અણુઓની સંખ્યા એકસમાન હશે. આ સંખ્યા અંદાજે છે. એવોગેડ્રો નંબર જેટલી સંખ્યા ધરાવતા કણોને સરળ રીતે રજૂ કરવા માટે સામાન્ય રીતે ***મોલ (mole)***નો ઉપયોગ એક એકમ તરીકે કરવામાં આવે છે.

6.2 મોટા જૂથની પ્રતિનિધિરૂપ લાક્ષણિકતાઓ

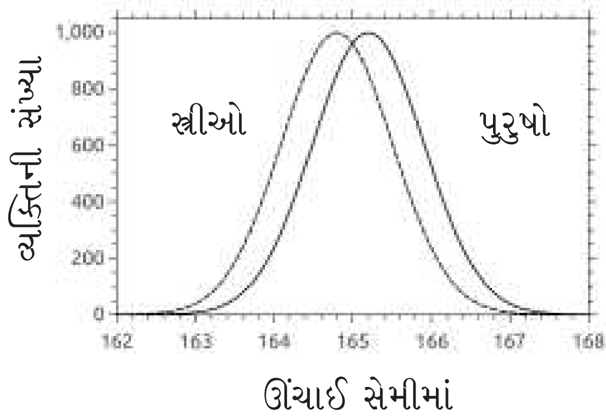
પદાર્થની અંદર રહેલા કણોની ગતિના સંબંધમાં ઉષ્માના મોડેલને આગળ લઈ જવામાં એક તત્કાલીન સમસ્યા ઊભી થઈ છે. સમસ્યા એ છે કે ખૂબ મોટી સંખ્યામાં હાજર એવા કણોના સંગ્રહમાં આપણે એક સાથે ગતિ કરી રહેલ તમામ કણોને ધ્યાનમાં લેવા જરૂરી છે. આપણે આટલી મોટી સંખ્યામાં રહેલા કણોની સમાંતર અને સામૂહિક ગતિને સરળતાથી કેવી રીતે વર્ણવી શકીએ ?

આ સમસ્યાના ઉકેલ માટે આપણે એક પ્રશ્ન પૂછીએ કે શું આપણે પ્રત્યેક કણની ગતિ વિશે જાણવું જરૂરી છે ? કણોના મોટા સમૂહની લાક્ષણિકતાઓના વર્ણન દરમિયાન કોઈ એક કણના વર્તનનું મહત્ત્વ કેટલું હોઈ શકે ? શું કોઈ એકલ સંખ્યા અથવા એકલ માપદંડ મેળવવો શક્ય છે કે જે ઘણા સભ્યો ધરાવતા સમૂહની લાક્ષણિકતાઓનું પ્રતિનિધિત્વ કરતી હોય ?

ચાલો આપણે નીચેની પરિસ્થિતિને ધ્યાન પર લઈએ. એક ફેક્ટરીમાં મોટી સંખ્યામાં કામદારો છે અને તે દરેકને યુનિફોર્મ તરીકે એક પેન્ટ અને એક શર્ટ આપવાનું છે. સ્વાભાવિક છે કે દરેક કારીગરના માપ સરખા નહીં હોય. કેટલાક ઊંચા અને પાતળા તો વળી કેટલાક નીચા અને જાડા પણ હશે. શું આપણે (ખરેખર તો દરજી) દરેકનું માપ લીધા સિવાય કેટલું કાપડ જોઈશે તેનો અંદાજ કાઢી શકીએ ખરાં ? કપડાં સીવવાનું કામ કેટલીય

પેઢીઓથી, કેટલાય લોકો દ્વારા ચાલતું આવેલ હોવાથી દરજીઓને સારી રીતે ખબર હોય છે કે એક વ્યક્તિને કેટલું કાપડ જોઈશે. બજારમાં સીવવા માટે તૈયાર મળતાં કાપડના કટપીસના માપો એકસરખાં હોવા પાછળ કદનો આ જ અંદાજ કામ કરે છે. સંગ્રહમાં, હેરફેરમાં તેમજ કિંમત નિર્ધારણમાં સરળતા રહે તે માટે વેપારીઓ દ્વારા કટપીસની સામાન્ય સ્વીકૃત સાઈઝ અંગે સર્વસંમતિ સધાયેલ હોય છે અને આ સાઈઝ મોટાભાગના લોકોને અનુકૂળ પણ આવી જાય છે. અલબત્ત, ખૂબ ઊંચા અથવા ખૂબ જાડા હોય તેવા કેટલાક વ્યક્તિગત કિસ્સાઓમાં તેઓને આ સામાન્ય સાઈઝ માફક નથી આવતી, પરંતુ આવા કિસ્સાઓ ભાગ્યે જ જોવા મળે છે અને કટપીસની સિસ્ટમ સારી રીતે કામ કરી રહી હોવાનું જણાય છે.

આમ થવા પાછળનું કારણ આપણે એ હકીકતમાંથી મેળવી શકીએ છીએ કે ધારો કે આપણે ખૂબ મોટી જનસંખ્યાનો સર્વે કરીને તેઓની વ્યક્તિગત ઊંચાઈને (અથવા કમરનો ઘેરાવો અથવા શરીરના કોઈપણ માપ) એક કોઠામાં મૂકીએ તો મહદ્અંશે આપણને ઊંચાઈની એક વિસ્તાર સીમા કે રેન્જ મળશે. ઊંચાઈની આ રેન્જમાં રહેલ મોટાભાગના લોકોની ઊંચાઈ એક ચોક્કસ મૂલ્યની આજુબાજુ ગોઠવાયેલ જોવા મળશે. આ મૂલ્ય વસ્તી અથવા સમષ્ટિમાં રહેલા ઊંચાઈના અંતિમ છેડાના મૂલ્યોની લગભગ અધવચ્ચે જોવા મળશે. જો આપણે દરેક વ્યક્તિગત ઊંચાઈનો સરવાળો કરીને તેને વસ્તીની સંખ્યા વડે ભાગીએ તો આપણને સમગ્ર વસ્તીની ઊંચાઈનું પ્રતિનિધિત્વ કરતું એક ઉપયોગી મૂલ્ય મળશે. આ મૂલ્યને ***સરેરાશ (mean)*** કહેવાય. આપણા દાખલામાં તે વસ્તીની સરેરાશ ઊંચાઈ

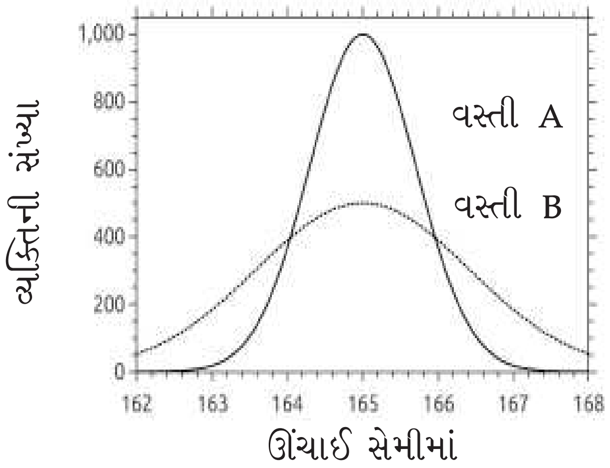


આકૃતિ-6.2 : વસ્તીમાં સ્ત્રીઓ અને પુરુષોની ઊંચાઈનું વિતરણ. આલેખ દર્શાવે છે કે સામાન્ય રીતે સ્ત્રીઓ પુરુષો કરતાં નીચી હોય છે, પરંતુ બધાં જ પુરુષો બધી જ સ્ત્રીઓ કરતાં ઊંચા નથી હોતા.

તરીકે ગણાશે અને તે વ્યક્તિગત ઊંચાઈમાં જોવા મળતાં વૈવિધ્યને પણ મહદ્અંશે ધ્યાન પર લે છે. આપણે પાછળના ઉદાહરણમાં જોયું તેમ આ મૂલ્ય સમગ્ર વસ્તીના લક્ષણોનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે અને ઉપયોગી એવા કેટલાંય અંદાજો બાંધવામાં મદદ કરે છે.

આકૃતિ 6.2માં રહેલ આલેખને જોઈને કહો કે શું તે તમને પુરુષોની સરખામણીએ સ્ત્રીઓ માટે કાપડની જરૂરિયાત (માની લઈએ કે ડ્રેસ એકસમાન છે) અંગે કંઈ જણાવે છે ? શું પુરુષો અને સ્ત્રીઓ માટે જરૂરી કાપડના તફાવત અંગેની તમારી અંત:પ્રેરણા સાથે કરવામાં આવેલ આ અંદાજ બંધબેસે છે ?

સરેરાશ ઊંચાઈ જેવું કોઈ એક જ મૂલ્ય તમને ન જણાવી શકે કે વસ્તીમાં ઊંચાઈ કેટલે દૂર સુધી ફેલાયેલી છે. એવું બની શકે કે બે વસ્તીની સરેરાશ ઊંચાઈ એકસરખી હોવા છતાં એક વસ્તીમાં ઊંચાઈ



આકૃતિ 6.3 : બે વસ્તીના સભ્યોનું ઊંચાઈ વિતરણ. ઊંચાઈની સરેરાશ સરખી હોવા છતાં બંને વસ્તીમાં ઊંચાઈનો ફેલાવો અલગ-અલગ છે.

એકબીજાની વધારે નજીક હોય અને બીજી વસ્તીમાં તે એકબીજાથી દૂર ફેલાયેલી હોય. આવા કિસ્સામાં **વિચલન (Variance)** નામનું એક માપ ખૂબ ઉપયોગી નીવડશે. વિચલન એ સરેરાશ મૂલ્યથી પ્રાપ્તાંકો કેટલે દૂર સુધી ફેલાયેલા છે તેનું માપ દર્શાવે છે.

આકૃતિ 6.3માં દર્શાવેલ આલેખ પરથી તમે જોઈ શકશો કે સરેરાશ મૂલ્ય એકસરખું હોવા છતાં વસ્તી A કરતા વસ્તી B ના મૂલ્યો વધારે દૂર સુધી ફેલાયેલા છે. એટલે આપણે કહીએ છીએ કે વસ્તી B નું વિચલન વસ્તી A કરતાં વધારે છે અને વિચલનના આ એક જ મૂલ્યથી એ હકીકત બહાર આવે છે કે બંને વસ્તીના સરેરાશ મૂલ્ય એકસરખાં હોવા છતાં તેઓનું વિતરણ એકસમાન નથી.(1)

કોઈપણ લક્ષણના સરેરાશ મૂલ્ય અને વસ્તીમાં રહેલા સભ્યોના મૂલ્યોના ફેલાવા અંગેના આ ખ્યાલો નિરંતર અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરતાં પદાર્થમાં મોટી સંખ્યામાં રહેલા કણોની ગતિનું વર્ણન કરવામાં મદદરૂપ થશે. આપણો ઉદ્દેશ્ય પદાર્થમાં રહેલા તમામ કણોની ગતિને ગરમીના પ્રમાણ (degree of hottness) સાથે સાંકળવાનો છે.

6.3 કણોના જથ્થાની અસ્તવ્યસ્ત ગતિનું માપ

ઉષ્માના સંદર્ભમાં પ્રત્યેક કણ કેટલી ઝડપથી ગતિ કરી રહ્યો છે તે લાક્ષણિકતા આપણા માટે મહત્ત્વની છે. આ બાબતને આધાર તરીકે લઈને ***તમામ કણોની સંયુક્ત ગતિ***ની ઝડપને આપણે એક પ્રતિનિધિત્વરૂપ રાશિની ફાળવણી કરીશું.

કોઈ એક કણની ગતિને તેના વેગ દ્વારા પૂર્ણપણે સમજાવી શકાય છે. પદાર્થમાં રહેલા કણોના સંગ્રહમાં કણોનો વેગ અસ્તવ્યસ્ત હોય છે તેમજ પ્રત્યેક કણનો વેગ ભલેને ગમે તેટલો નાનો અથવા મોટો હોય પરંતુ સમગ્ર જથ્થાનો સરેરાશ વેગ શૂન્ય થશે. સરેરાશ વેગ શૂન્ય કેવી રીતે થશે તે જોવા માટે કોઈપણ દિશાને ધ્યાનમાં લો. કેટલાક કણો અંદાજીત રીતે તે દિશામાં જતાં જોવા મળશે. પરંતુ જો તમે તેની વિરુદ્ધ દિશા પસંદ કરી હોત તો તમને તે દિશામાં પણ એટલા જ કણો જતા જોવા મળ્યા હોત. જો તમે પહેલી દિશામાં રહેલા વેગને ધન ગણો તો તેનાથી વિરુદ્ધ દિશામાં રહેલો વેગ ઋણ હશે. આમ, પસંદ કરેલ દિશાની કોઈપણ જોડ માટે વેગનો સરવાળો અને છેવટે સરેરાશ શૂન્ય થશે. વિરુદ્ધ દિશામાં રહેલી કોઈપણ જોડ માટે આ દલીલ કરી શકાય છે. તેથી કણોના મોટા જથ્થામાં અણુઓ ભલેને ગમે તેટલી ઝડપથી ફરતાં

(1) સરેરાશ એટલે બધા મૂલ્યોના સરવાળાને મૂલ્યોની સંખ્યા વડે ભાગવાથી મળતું મૂલ્ય $\mu = \sum_i xi/N$. વિચલન એટલે સરેરાશથી જે તફાવત આવે તેનો વર્ગ કુલ મૂલ્યની સંખ્યા વડે ભાગવાથી મળતું મૂલ્ય $\sigma^2 = \sum i(x_i - \mu)^2/N$

હોય પણ તેનો સરેરાશ વેગ શૂન્ય થશે. આમ, પ્રત્યેક કણો કેટલી ઝડપથી હલનચલન કરી રહ્યા છે તેનો ખ્યાલ સરેરાશ વેગના આધારે આવતો નથી. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કણના સરેરાશ વેગ અને ગરમીના પ્રમાણ વચ્ચે કોઈ ઉપયોગી સંબંધ બાંધી શકાતો નથી.

ચાલો કોઈ એક કણના ગતિપથને અંકિત કરીએ. તે જ્યારે ખસે છે અને બીજા કણ સાથે અથડાય છે ત્યારે તેના પરિણામે બંને કણોની ઝડપ અને દિશા બદલાઈ શકે છે. જો કોઈપણ પ્રકારની અથડામણ ન થઈ હોત તો કણ સીધી રેખામાં પોતાની ગતિ ચાલુ રાખીને છેવટે પદાર્થની બહાર છટકી ગયો હોત. મોટાભાગના કણો આવું કરતા નથી. (જોકે બાષ્પીભવનના કિસ્સામાં કેટલાક જરૂર છટકી જાય છે.) આપણા આગલા પ્રકરણમાં મિશ્રણ બનાવતી વખતે જોયું તેમ જ્યારે પદાર્થ ગરમ થતો જાય છે તેમ પદાર્થમાં થતી આંતરિક ગતિમાં વધારો થાય છે. પરંતુ ઝડપમાં વધારો થવો એ જ ગરમ પદાર્થનું એકમાત્ર લક્ષણ નથી. વધારે ઝડપી ગતિનું અનિવાર્ય પરિણામ એ આવે છે કે બે ક્રમિક અથડામણો વચ્ચેનો સમયગાળો ઘટે છે અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો આપેલ સમયમાં થતી અથડામણોની સંખ્યા એટલે કે અથડામણોનો દર વધવો જ જોઈએ.

આમ કોઈ પદાર્થના ગરમ થવાથી કણોના સ્તરે બે પરિણામો આવે છે. વેગમાં વધારો અને અથડામણોની સંખ્યામાં વધારો. તાપમાનને વ્યાખ્યાયિત કરવા માટે જે રાશિનો ઉપયોગ કરવામાં આવશે તેમાં આ બે પરિબળોને ધ્યાનમાં લેવા પડશે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ગરમીના પ્રમાણમાં પ્રતિનિધિ તરીકે આપણે જે રાશિઓને ધ્યાનમાં લઈ શકીએ તે ફરજિયાતપણે બે રાશિઓના ગુણન પર આધારિત હોવી જોઈએ અને આ બે રાશિઓ છે કણોની ઝડપ અને અથડામણોની સંખ્યા. પરંતુ થોડો વિચાર કરતાં એ બાબત ધ્યાન પર આવે છે કે અથડામણોની સંખ્યા સીધી રીતે કણોની ઝડપ પર આધાર રાખે છે. એટલે કે જેટલી ઝડપથી કણ ગતિ કરશે તેમ અન્ય કણો સાથેની તેની અથડામણનો દર વધશે.

આથી ગરમીના પ્રમાણનું પ્રતિનિધિત્વ કરતી રાશિ $v \times v$ના સમપ્રમાણમાં હોવી જોઈએ. એક ખાસ વાત ધ્યાનમાં રાખવી કે જો આપણે પ્રત્યેક કણ માટે મળતી રાશિ v^2,નો સરવાળો કરીશું તો તે શૂન્ય મળશે નહિ, કારણ કે v^2 એ હંમેશા ધન હશે અને તેના પર કણની ગતિની દિશાની કોઈ અસર નહિ થાય. તેમજ તે એમ પણ દર્શાવે છે કે ગતિ વધારે ઝડપી બની છે. આથી, આપણે ઉષ્માના જે મોડેલની રચના કરવાનો પ્રયત્ન કરી રહ્યા છીએ તેમાં ગરમીના પ્રમાણને દર્શાવવા માટે વેગ(v)ની સરેરાશ લેવાને બદલે v^2 ની સરેરાશ લેવી વધારે અનુકૂળ રહેશે.

રાશિ v^2 એ ગતિઊર્જા સાથે ગાઢ સંબંધ ધરાવે છે. m દળ ધરાવતા તેમજ વેગ v સાથે ગતિ કરતાં પદાર્થોની ગતિઊર્જા $\frac{mv^2}{2}$ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. N સંખ્યામાં રહેલા કણોની સરેરાશ ગતિઊર્જા નીચે મુજબ થશે.

$$KE_{ave}\frac{1}{N}\left[\frac{m_1v^2{}_1}{2}+\frac{m_2v^2{}_2}{2}+\dots+\frac{m_Nv^2{}_N}{2}\right]$$

સરેરાશ ગતિઊર્જા એ અશૂન્ય રાશિ છે કે જે અથડામણના દરમાં થતું પરિવર્તન અને કણોના વેગમાં આવતા પરિવર્તનને એકસાથે ધ્યાનમાં લે છે. આથી તાપમાનને વ્યાખ્યાયિત કરવા માટે તેની પસંદગી કરી છે.

લુડ્વિગ એડર્ડ બોલ્ટ્ઝમેન (1844-1906) અને જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ (1831-1879)

બોલ્ટ્ઝમેન પણ દ્રવ્યના કણ સ્વભાવના સમર્થક હતા. ભૌતિક પ્રણાલીમાં રહેલા ઊર્જાના સ્તરો આગવા હોવા અંગેનું તેઓનું સૂચન ક્વાંટમ મિકેનિક્સનો પાયો ગણવામાં આવે છે. તેઓએ ઉષ્મા અને તાપમાન પર અથવા તો વધારે સામાન્ય રીતે કહેવું હોય તો ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર પર ખૂબ જ સઘન કાર્ય કરેલું હતું. વાયુઓના કણોની ગતિના અંકશાસ્ત્રીય વર્ણન પૂરા પાડવામાં તેઓએ મુખ્ય ફાળો આપ્યો હતો. તેઓએ જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ સાથે મળીને આ કણોની ઝડપ અંગેના સચોટ વર્ણનો તૈયાર કર્યા હતા. તેના આધારે જ તાપમાનનો આધુનિક ખ્યાલ રચાયેલ છે.

મેક્સવેલ તેઓ દ્વારા આપવામાં આવેલ શાસ્ત્રીય વિદ્યુતચુંબકીય સિદ્ધાંત (Classical electromagnetic theory)ના સમીકરણો આપવા માટે ખૂબ જાણીતા છે. તેઓના આ કાર્ય થકી જ વિદ્યુત, ચુંબકત્વ અને પ્રકાશવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રોને એકસાથે સાંકળી શકાયા. પરંતુ તેઓએ અન્ય એક બાબત પર પણ કાર્ય કર્યું હતું જેને આજે આપણે મેક્સવેલ-બોલ્ટ્ઝમેન વિતરણ તરીકે ઓળખીએ છીએ. તેણે શાસ્ત્રીય ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના અવલોકનો અને નિયમોની સમજ આપી અને આ જ બાબત જુદો-જુદો વેગ ધરાવતા કણોના વિતરણને સમજવા માટેની અંકશાસ્ત્રીય પદ્ધતિ પણ પૂરી પાડે છે.

અણુઓના જથ્થાનું તાપમાન T ને વ્યાખ્યાતિ કરીએ તો તે એક એવી રાશિ છે કે જે અણુઓના સંગ્રહની સરેરાશ ગતિઊર્જાના સમપ્રમાણમાં છે. સમપ્રમાણતાનો અચળાંક K_B એ બોલ્ટ્ઝમેનના અચળાંક તરીકે ઓળખાય છે. આ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરેલાં તાપમાનને નિરપેક્ષ (absolute) તાપમાન કહે છે અને તેને નીચેના ગાણિતિક સ્વરૂપે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

6.4 નિરપેક્ષ તાપમાન

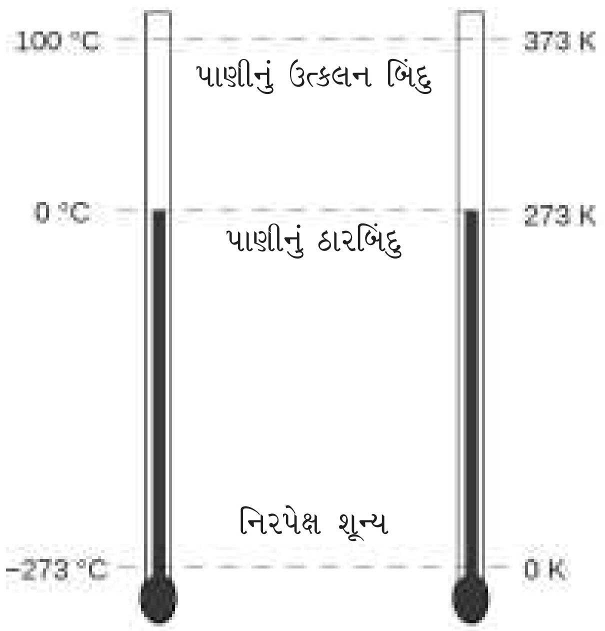
નિરપેક્ષ તાપમાનને KE_{ave}ના સ્વરૂપમાં વ્યાખ્યાયિત કરવામા આવે છે જેનો એકમ કેલ્વિન (K) છે. નિરપેક્ષ શૂન્ય અથવા કેલ્વિનના માપદંડ પરનો શૂન્ય એક એવું તાપમાન દર્શાવે છે કે જ્યાં ***પદાર્થમાં રહેલ તમામ આંતરિક ગતિ અથવા કણોની ગતિ થંભી જાય છે.*** ઉપરનું સમીકરણ સૂચવે છે કે તાપમાન ક્યારેય ઋણ હોઈ શકે નહીં (કારણ કે ગતિઊર્જા હંમેશા ધન હોય છે). તો પછી વિશ્વના અતિ ઠંડા પ્રદેશોમાં આપણે ઋણ તાપમાન હોવાનું કેવી રીતે સાંભળીએ છીએ ? ઐતિહાસિક કારણોસર તાપમાન માપનના બીજા માપદંડો પણ અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે તેમજ આ માપદંડો તાપમાન માપનના કેલ્વિન માપદંડ કરતાં અલગ છે. આ પ્રકારના માપદંડોમાં ઋણ તાપમાન જોવા મળે છે. આપણે તાપમાનના સેલ્સિયસ માપદંડથી પરિચિત છીએ કે જેમાં પાણીના ઠારબિંદુથી નીચે રહેલા તાપમાનો ઋણ છે.

સેલ્સિયસ અને કેલ્વિન માપદંડોમાં રહેલા એકમોનો વિસ્તાર એકસરખો છે. બંને માપદંડોના શૂન્ય એકબીજાથી ભિન્ન છે. સેલ્સિયસ માપદંડ પરના તાપમાનમાં 273.15 ઉમેરવાથી તે કેલ્વિન માપદંડ

વિલિયમ થોમ્સન અથવા લોર્ડ કેલ્વિન (1824-1907)

પ્રાયોગિક તેમજ સૈદ્ધાંતિક એમ બંને રીતે વિપુલ યોગદાન આપ્યું હોય તેવા જૂજ વૈજ્ઞાનિકોમાં કેલ્વિનની ગણતરી કરી શકાય. ઉષ્મા અને કાર્ય વચ્ચેના સંબંધ અંગેનો (જૂલ સાથેનો) તેઓનો અભ્યાસ ઉષ્મા ઊર્જાના પ્રથમ અને બીજા નિયમની રચના તરફ દોરી ગયો તેમજ નિરપેક્ષ શૂન્યના તાપમાનનો ખ્યાલ પણ પ્રાપ્ત થયો, જેનું તેમના નામ પરથી કેલ્વિન માપદંડ નામકરણ કરવામાં આવ્યું. આ ઉપરાંત તેમણે ટેલીગ્રાફીમાં તેમજ હોકાયંત્રની વિશ્વસનીયતા વધારવા તેમાં જરૂરી સુધારાવધારા કરવામાં પણ પોતાનો ફાળો આપ્યો.

પરનાં તાપમાન બરાબર થાય છે. તાપમાન માટે પરંપરાગત રીતે ઉપયોગમાં લેવાતી °(degree)ની સંજ્ઞાનો ઉપયોગ કર્યા વગર કેલ્વિન એકમ લખવામાં આવે છે. આકૃતિ 6.4માં દર્શાવેલ કાલ્પનિક થર્મોમીટર દ્વારા આ બંને માપદંડોની તુલના કરી શકાય છે.



આકૃતિ 6.4 : તાપમાનના સેલ્સિયસ અને કેલ્વિન માપનોની સરખામણી

નિરપેક્ષ શૂન્યની નીચેનું તાપમાન અસ્તિત્વ ધરાવતું નથી કારણ કે આ તાપમાને બધી જ ગતિ થંભી જાય છે. મોટાભાગના પદાર્થો નિરપેક્ષ શૂન્ય કરતાં ઘણા ઊંચા તાપમાને ઘન સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે. હિલીયમ અપવાદરૂપે 4.2K સુધી વાયુ સ્વરૂપમાં રહે છે અને તે નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાને ઘનસ્વરૂપમાં ફેરવાશે તેવી અપેક્ષા છે. ઓછી સંખ્યામાં પરમાણુઓ લઈને નિયંત્રિત પરિસ્થિતિ હેઠળ 10^{-6} K જેટલું નીચામાં નીચું તાપમાન પ્રાપ્ત કરી શકાયું છે જ્યારે પ્લાઝમાની અંદર $10^6 - 10^5$ K જેટલું મહત્તમ તાપમાન સામાન્ય રીતે પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. ઓરડાનું તાપમાન 300 K ની નજીક હોય છે જ્યારે માનવ શરીરનું સામાન્ય તાપમાન લગભગ 310 K જેટલું હોય છે.

6.5 ઉષ્માઊર્જા અને ઉષ્મા

આપણે હવે એ સમજીએ છીએ કે ઉષ્મા અને તાપમાન એ પદાર્થના ઘટક કણોની ગતિઊર્જા સાથે સંબંધ ધરાવે છે. આપણે ઉપર જોયું કે તાપમાનને કેવી રીતે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. તાપમાનને વ્યાખ્યાયિત કરતી વખતે આપણે કણોની આંતરિક ગતિના કારણે ઉદ્ભવતી ગતિઊર્જાઓનો સરવાળો કર્યો હતો. આ સરવાળાને એક વિશિષ્ટ નામ ***'ઉષ્મા ઊર્જા'*** (thermal energy) આપવામાં આવ્યું અને તેને સંજ્ઞા U વડે દર્શાવવામાં આવે છે. તો પછી

ઉષ્મા એ શું છે ? સંજ્ઞા તરીકે 'ઉષ્મા'ના વિવિધ ઉપયોગો યાદ કરો. આ તમામ ઉપયોગોમાં સંજ્ઞા 'ઉષ્મા'નો ઉપયોગ સાપેક્ષ સંદર્ભમાં કરવામાં આવે છે એટલે કે જ્યારે તાપમાનનો તફાવત હોય ત્યારે અથવા જ્યારે આપણે ગરમ અથવા ઠંડા પદાર્થોની વાત કરી રહ્યા હોય ત્યારે.

A 6.2 *ઉષ્માઊર્જાનો સરવાળો*

તમારી પાસે એક કપ (180 ગ્રામ) જેટલું ઉકળવાની તૈયારીમાં હોય તેવું પાણી અને એક ડોલ ભરીને (18 કિગ્રા) બરફ થવાની તૈયારીમાં હોય તેવું પાણી છે. (18 ગ્રામ પાણી એવોગેડ્રો સંખ્યા જેટલા અણુઓ ધરાવે છે.) આ બંને નમૂનાના નિરપેક્ષ તાપમાન અને ઉષ્માઊર્જાની તુલના કરો. જો તમે બંનેને ભેગા કરો તો તે મિશ્રણની ઉષ્માઊર્જા કેટલી હશે ? આ મિશ્રણનું તાપમાન કેટલું હશે ?

દ્રવ્યના કણમય મોડેલને ધ્યાનમાં રાખીએ તો ઉષ્માને આપણે તાપમાનમાં રહેલા તફાવતને કારણે પ્રસરણ પામતી ઉષ્માઊર્જા તરીકે સમજીએ છીએ. આમ દ્રવ્યનું કણમય મોડેલ નીચેના પાયાના ખ્યાલો સ્પષ્ટ કરી આપે છે :

1. તમામ દ્રવ્યો સૂક્ષ્મ કણોના બનેલા હોય છે અને આ કણો પદાર્થની અંદર નિરંતર અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરતાં હોય છે. આ અસ્તવ્યસ્ત ગતિના કારણે બધા કણોની ગતિઊર્જા એકસરખી હોતી નથી.
2. બધા જ કણોની ગતિઊર્જાના સરવાળાને તે પ્રણાલી કે પદાર્થની ઉષ્માઊર્જા (thermal energy) કહે છે.
3. ઉષ્માઊર્જા એ પદાર્થના કણોની આંતરિક અસ્તવ્યસ્ત ગતિના કારણે છે અને તે કોઈ ચોક્કસ દિશામાં થતી ગતિથી (જેમ કે આખા પદાર્થના સમગ્રલક્ષી હલનચલન) પ્રભાવિત થતી નથી.
4. તાપમાન એ પદાર્થની અંદર ગમે તે દિશામાં ગતિ કરતાં કણોની સરેરાશ ગતિઊર્જાના સમપ્રમાણમાં હોય છે. ઉષ્માઊર્જાના કિસ્સામાં જેમ ઉપર સમજાવ્યું તેમ તે કોઈ ચોક્કસ દિશામાં થતી ગતિથી પ્રભાવિત થતું નથી.
5. તાપમાનના તફાવતને કારણે એક પદાર્થમાંથી બીજા પદાર્થમાં પ્રસરણ પામતી ઉષ્માઊર્જાને ઉષ્મા કહે છે.

શબ્દ પ્રયોગની દૃષ્ટિએ છેલ્લો મુદ્દો થોડો વિગતવાર સમજવો જરૂરી છે. ઉષ્મા (heat) એટલે પ્રસરણ પામતી ઉષ્માઊર્જા (thermal energy) એવી સમજ સ્પષ્ટ હોવાથી ચોક્કસ શબ્દોમાં કહીએ તો ***ઉષ્માનું પ્રસરણ (Transfer of heat)*** શબ્દનો ઉપયોગ કરવો અયોગ્ય છે કારણકે ઉષ્માના પ્રસરણમાં ખરેખર તો ***ઉષ્માઊર્જાનું પ્રસરણ (transfer of thermal energy)*** રહેલું હોય છે.

દ્રવ્ય અને ઉષ્માના આપણા મોડેલમાં કણો નિરંતર ગતિ કરીને એકબીજા સાથે અથડાય છે અને આ અથડામણો દરમિયાન થતો ઊર્જા વિનિમય એટલે જ ઉષ્માનું પ્રસરણ. ઉદાહરણ તરીકે, ગરમ પાણીને ઠંડા પાણી સાથે સંપર્કમાં લાવવામાં આવે તે દાખલો લઈએ. ઠંડા પાણીમાં રહેલા અણુઓની ગતિઊર્જા એ ગરમ પાણીમાં રહેલા અણુઓની ગતિઊર્જા કરતાં ઓછી હોય છે. હવે બંને નમૂનાઓ જ્યારે એકબીજાના સંપર્કમાં લાવવામાં આવે છે. ત્યારે દરેક નમૂનામાં રહેલા અણુઓ એકબીજા સાથે તો અથડાય જ છે પરંતુ તેઓ બીજા નમૂનાના અણુઓ સાથે પણ અથડામણ કરે છે. આ અથડામણો દરમિયાન અથડાયેલા કોઈ ચોક્કસ અણુની ગતિઊર્જામાં ફેરફાર થઈ શકે છે પરંતુ તમામ અણુઓની ગતિઊર્જાનો સરવાળો તો અચળ જ રહે છે.

ઘણીબધી અથડામણોના પરિણામે સમગ્ર

પ્રવાહીના કોઈપણ ભાગમાં એકત્રિત થયેલા અણુઓના સમૂહની સરેરાશ ગતિઊર્જા એક સમાન જ રહેશે. જેમ બે નમૂનાઓને ભેગા કરતાં પહેલાં દરેક અણુની ગતિઊર્જા સરખી ન હોવા છતાં સરેરાશ ગતિઊર્જા સમગ્ર પ્રવાહીમાં બધે સરખી જ હતી. આ તબક્કે પ્રવાહીનું તાપમાન ગમે તે ભાગમાં સરખું જ રહે છે અને ઉષ્માનું પ્રસરણ પૂરું થાય છે. આ જ રીતે ઘન પદાર્થમાં થતાં ઉષ્માના પ્રસરણને આપણે સમજી શકીએ (તફાવત માત્ર એટલો છે કે ઘન પદાર્થમાં કણો ગમે તેમ અસ્તવ્યસ્ત ઘૂમતા નથી પરંતુ મધ્ય સ્થાનથી આગળ-પાછળ હલનચલન કરે છે) અથવા વાયુ પદાર્થમાં અથવા ઘન અને વાયુ પદાર્થની વચ્ચે અથવા ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થની વચ્ચે પણ ગરમીનું પ્રસરણ સમજી શકાય છે.

A 6.3 મિશ્રણનું તાપમાન

અગાઉની પ્રવૃત્તિમાં શરૂઆતમાં જુદા-જુદા તાપમાન T_1 અને T_2 ધરાવતા પાણીના બે નમૂનાઓને જ્યારે ભેગા કરવામાં આવ્યા હતા ત્યારે તેઓના તાપમાનમાં શું ફેરફાર થયો હશે ? આ અંગે તમે અનુમાન લગાવી શકો છો. શું થોડા સમય બાદ તેઓ શરૂઆતના બંને તાપમાન કરતાં ઓછા તાપમાને સ્થિર થશે કે પછી વધારે તાપમાન પર સ્થિર થશે કે પછી બંને તાપમાનના મૂલ્યોની વચ્ચે ક્યાંક સ્થિર થશે. તમારે ફક્ત એટલું જ યાદ રાખવાનું છે કે ચોખ્ખી ઉષ્માઊર્જા એ કણોની સંખ્યા અને નિરપેક્ષ તાપમાનનું ગુણનફળ છે. પ્રથમ નમૂનાની ઉષ્માઊર્જા U_1 એ $N_1K_BT_1$ થશે. જ્યારે બીજા નમૂનાની ઉષ્માઊર્જા u_2 એ $N_2K_BT_2$ થશે, જ્યાં N_1 અને N_2 એ અનુક્રમે બંને નમૂનામાં રહેલા કણોની સંખ્યા દર્શાવે છે. બંનેની સંયુક્ત ઉષ્માઊર્જા $U_1 + U_2$ થશે. મિશ્રણ કરતી વખતે આ ઉષ્માઉર્જા બધા કણો વચ્ચે વહેંચાઈ જાય છે. તેથી જ્યારે મિશ્રણની પ્રક્રિયા પૂર્ણ થાય છે ત્યારે મિશ્રણનું તાપમાન $(U_1+ U_2) / (N_1+N_2)$ થશે.

એક પદાર્થમાંથી બીજા પદાર્થમાં થતું ઉષ્માઊર્જાનું પ્રસરણ એ પદાર્થોની ઉષ્માઊર્જા પર નહિ પરંતુ તેઓના તાપમાન પર આધાર રાખે છે. જ્યારે બે જુદા તાપમાન ધરાવતા પદાર્થો એકબીજાના સંપર્કમાં આવે છે ત્યારે ઉષ્માઊર્જા ઠંડા પદાર્થમાંથી શા માટે ગરમ પદાર્થમાં પ્રસરણ પામતી નથી તેનો ખુલાસો આપણા મોડેલ પરથી પૂરેપૂરો મળતો નથી. કેટલાક અભ્યાસોના આધારે આ ઘટનાને નિયમબદ્ધ કરવામાં આવી છે : ***એવી કોઈ પ્રક્રિયા સંભવ નથી કે જેનું સંપૂર્ણ પરિણામ ઠંડા પદાર્થમાંથી ગરમ પદાર્થ તરફ થતું ઉષ્માઊર્જાનું પ્રસરણ હોય.***

ચાલો આપણે એ જોવાનો પ્રયત્ન કરીએ કે વાયુના દબાણ, તાપમાન અને કદ વચ્ચેના સંબંધને દ્રવ્ય અને ઉષ્માના કણમય મોડેલ દ્વારા કેવી રીતે સમજાવી શકાય ?

6.6 કણમય મોડેલ અને દબાણ

દ્રવ્યના આપણા મોડેલમાં કણો સતત કોઈપણ દિશામાં અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરતા રહે છે અને એકબીજા સાથે અથડાયા કરે છે. એમની આ અસ્તવ્યસ્ત ગતિ દરમિયાન તેઓ માત્ર એકબીજા સાથે જ નથી અથડાતાં પરંતુ પાત્રની દીવાલ સાથે પણ અથડાય છે. ચાલો આપણું મોડેલ વાયુના દબાણ, તાપમાન અને કદ વચ્ચેનો સંબંધ કેવી રીતે સ્પષ્ટ કરે છે તે જોઈએ.

A 6.4 એક કાલ્પનિક રમત

માનો કે તમે ઘણાબધા લોકો એક દીવાલની પાસે ઊભા છો અને દીવાલ તરફ બોલ ફેંકો છો. તો દીવાલનું શું થશે ? દીવાલનું કંઈ ખાસ નહીં થાય પરંતુ જેટલી વખત દડો તેને અથડાશે એટલી



આકૃતિ 6.5 : દીવાલ સાથે કે કોઈપણ પડદાં સાથે અથડાતાં બોલ તેના પર દબાણ લગાવે છે. બીજી આકૃતિમાં દેખાય છે તેમ જ્યારે આ પડદો લચીલો હોય ત્યારે આ અસરને તરત જ જોઈ શકાય છે. અણુઓ પાત્રની દીવાલ પર આ જ રીતે દબાણ પેદા કરે છે.

*વખત તે પાછો ફેંકાશે. તેમજ બોલનો વેગમાન **(momentum)** બદલાશે એટલે કે તેના પર બળ લાગશે. હવે જો તમે બોલ ફેંકવાનો દર બમણો કરશો તો બળમાં વધારો થશે ? તમે બોલની સંખ્યા એક જ રાખો છો પણ બોલ ફેંકવાની ઝડપ વધારો તો શું થાય ? આ બંને પરિસ્થિતિઓમાં દીવાલ પર લાગતાં દબાણમાં વધારો થશે. આપણે જાણીએ છીએ કે દીવાલ પર લાગતું દબાણ એ બીજું કંઈ નહિ પણ દીવાલ પર લાગતાં બળ (આપણાં કિસ્સામાં બોલ દ્વારા દીવાલ પર લાગતું દબાણ) અને દીવાલના ક્ષેત્રફળનો ભાગાકાર છે. આમ, આપેલા સમયમાં દીવાલ સાથે અથડાતાં બોલની સંખ્યામાં વધારો કરવાથી અથવા તો દીવાલ સાથે અથડાતા બોલની ઝડપ વધારવાથી છેવટે તો દીવાલ પર લાગતાં દબાણમાં વધારો જ થાય છે. જો સપાટી કઠણ ન હોય તો તેના પર અથડાતાં કણોની સંખ્યા વધારે સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય છે. આકૃતિ 6.5માં આપેલ બે પરિસ્થિતિઓની તુલના કરો.*

વાયુના અણુઓ અને પાત્રની દીવાલ સાથેની પરિસ્થિતિ પણ લગભગ સરખી જ છે. ચાલો એમ માની લઈએ કે વાયુના અણુઓની સંખ્યા નિશ્ચિત છે. હવે જો અણુઓ વધારે ગતિઊર્જા સાથે અથડાશે તો સરવાળે દીવાલ પર લાગતું બળ વધશે અને છેવટે દબાણ પણ વધશે. આ જ રીતે જો અથડામણનો દર વધારવામાં આવશે તો પણ દીવાલ પર લાગતું દબાણ વધશે. આમ સરેરાશ ગતિઊર્જામાં વધારો થવાથી અને અણુઓના અથડામણનો દર વધવાના પરિણામે દબાણ વધે છે. કણમય મોડેલમાં સરેરાશ ગતિઊર્જામાં થતો વધારો અને અથડામણના દરમાં થતો વધારો તાપમાનના વધારા તરીકે ઓળખાય

છે. તેથી આપણે એવું તારણ કાઢી શકીએ કે તાપમાનમાં વધારો થવાથી દબાણમાં વધારો થાય છે. આની ખાતરી અગાઉ દર્શાવેલ વાયુના નિયમમાં થાય છે અને તેનો આધાર માત્ર અવલોકનો પર રહેલો છે.

વિચાર કરો કે આપણે પાત્રનું કદ વધાર્યા સિવાય અણુઓની સંખ્યામાં વધારો કરીએ તો શું થાય ? દીવાલ પર ફેંકવામાં આવતા દડાના કિસ્સામાં બને છે તેમ અણુઓની સંખ્યામાં થતો વધારો પાત્રની દીવાલ પર લાગતા બળમાં વધારો કરશે અને એનો મતલબ એમ કે દબાણમાં વધારો થશે. તો પછી અથડામણનો દર પહેલાના જેટલો જ રાખવા માટે શું થઈ શકે? એક સીધો સાદો ઉપાય પાત્રના કદમાં વધારો કરવાનો છે. આમ વાયુએ રોકેલી જગ્યાનું કદ વધારવાથી તેનું દબાણ ઘટશે, જ્યારે કદ ઘટાડવાથી દબાણ વધશે. ફરી એક વખત અગાઉ જણાવેલા નિયમની ખાતરી થાય છે.

A 6.8 વિચાર માગી લે તેવો એક પ્રયોગ

અગાઉના કિસ્સામાં આપણે અણુઓની સંખ્યામાં વધારો કરીને દબાણ વધાર્યું હતું. મહત્ત્વનો મુદ્દો એ હતો કે અથડામણોની સંખ્યામાં વધારો થયો હતો. હવે જો આપણે અણુઓની સંખ્યા અચળ રાખીને વાયુના તાપમાનમાં વધારો કરીએ તો શું થાય ? અથડામણોની સંખ્યા પર તેનો કેવો પ્રભાવ પડશે ? અથડામણોની સંખ્યા વધવાથી દબાણ પર શું પ્રભાવ પડશે ?

6.7 કણમય મોડેલ અને વિસ્તરણ

વાયુના કદનો આધાર તેના તાપમાન પર છે તે જોયા બાદ ચાલો હવે તે કણમય મોડેલમાં કેવી રીતે બંધબેસે છે તે જોઈએ. ગરમ કરવાથી વાયુ અથવા પ્રવાહીના અણુઓ ગતિઊર્જા પ્રાપ્ત કરે છે અને આ જ સમયે કણો વચ્ચેની અથડાણોનો દર પણ વધે છે. આપણે સામાન્ય અનુભવના આધારે કહી શકીએ કે પ્રવાહી અથવા વાયુના કણો નિરંતર અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરતાં હોવાથી તેમનો કોઈ નિશ્ચિત (ભૌમિતિક) આકાર બનતો નથી. આ આકાર બાહ્ય પરિબળોના આધારે નક્કી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે પાત્રનું કદ અને આકાર અથવા તો આસપાસની હવાનું દબાણ. તેથી વિસ્તરણની ઘટનાનો સંબંધ આપણાં નમૂનાના કણોની આસપાસના વાતાવરણ સાથેની આંતરક્રિયા સાથે રહેલો છે. ખાસ કરીને જ્યારે આસપાસ રહેલું પાત્ર ઘન હોય ત્યારે જેમ-જેમ તાપમાન વધશે તેમ-તેમ અણુઓ દીવાલ સાથે વધારે વખત અથડાશે અને તે પણ સરેરાશ કરતાં વધારે ગતિઊર્જાથી.

હવે જો અથડામણ દ્વારા લાગતું બળ પાત્રની દીવાલને નુકશાન કરવા અથવા તો તોડવા માટે પૂરતું ન હોય તો તેની અસરરૂપે ઉષ્માઊર્જાનું પાત્રની દીવાલોમાં પ્રસરણ થાય છે અને પરિણામે પાત્રની દીવાલના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. જોકે આપણે અગાઉની પ્રવૃત્તિઓમાં જોયું છે કે ઘન પદાર્થને ગરમ કરવાથી તેનું વિસ્તરણ થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયા દરમિયાન પાત્ર પોતે વિસ્તરણ પામે છે. અલબત્ત આ વિસ્તરણ પ્રમાણમાં ખૂબ ઓછું હોય છે. બીજી બાજુ જો પાત્ર પૂરતું કઠણ ન હોય અથવા તો તેનો કોઈ ભાગ લચીલો કે હલનચલન કરી શકે તેવો હોય તો પાત્રનો આ લચીલો ભાગ બહારની તરફ ધકેલાય છે અને પરિણામે આપણે કદમાં

થતો વધારો એટલે કે વિસ્તરણ જોઈ શકીએ છીએ. આ બાબતનું એક ઉદાહરણ જોઈએ તો ફૂલાવેલા ફુગ્ગાને ગરમ પાણીના સંપર્કમાં રાખવો અથવા તો ગરમ હવાવાળો બલૂન કે જેમાં બલૂનને ઉપર ચઢાવવા માટે બર્નર દ્વારા બલૂનમાં રહેલી હવાને ગરમ કરવામાં આવે છે. અગાઉ ચર્ચા કરેલી એ મુજબ બહારની હવા પણ દીવાલ (પડદા) પર દબાણ પેદા કરે છે. આથી વિસ્તરણ એ ખરેખર તો બહારની હવાના દબાણ કરતાં અંદરની હવાનું દબાણ વધી જવાથી થાય છે. આ દાખલામાં વિસ્તરણની ઘટનાને એકલ બનાવ તરીકે ન લઈ શકાય, પરંતુ આપણે દબાણ, તાપમાન, કદ અને દીવાલ પર થતાં કાર્ય જેવા સમાંતર પરિબળોને પણ ગણતરીમાં લેવા જોઈએ.

પ્રવાહીઓના વિસ્તરણમાં જોવા મળતી પરિસ્થિતિ પણ વાયુઓના જેવી જ હોય છે તેમજ કણમય મોડેલના આધારે કરવામાં આવતી દલીલો પણ સરખી જ છે. ઘન પદાર્થોમાં કણો અસ્તવ્યસ્ત ગતિ નથી કરતાં પરંતુ કોઈ મધ્યબિંદુની આસપાસ હલનચલન કરે છે. તાપમાનમાં વધારો થવાના પરિણામે કણોના સરેરાશ આંદોલનની હદમાં વધારો થાય છે અને તેથી કણોની જોડ વચ્ચેની જગ્યામાં વધારો થાય છે અને છેવટે ઘન પદાર્થના કદમાં વધારો થાય છે.

6.8 કણમય મોડેલ અને ઉષ્માનયન

આપણે એ જોઈ ચૂક્યા છીએ કે વાયુ અને પ્રવાહી મોટેભાગે ઉષ્માનયન દ્વારા ગરમ થાય છે. ચાલો દ્રવ્ય અને ઉષ્માના કણમય મોડેલના સંદર્ભમાં ઉષ્માનયનને તપાસીએ. જ્યારે પ્રવાહીને તળિયેથી ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તળિયે રહેલા અણુઓની ગતિઊર્જામાં ઝડપથી વધારો થાય છે. ઉપરની તરફ ગતિ કરી રહેલા કેટલાક અણુઓમાં પૂરતી ગતિઊર્જા હોય છે કે જેને તેઓ પોતાની ઉપર રહેલા અણુઓમાં પ્રસરિત કરે છે. આમ થવાથી ઉપર રહેલા અણુઓ પૈકી કેટલાક ગુરુત્વાકર્ષણ બળને તોડીને વધારે ઉપર જાય છે. કોઈ એક જ અણુ છેક ઉપરની સપાટી સુધીની મુસાફરી કરી શકે તેવી શક્યતા નહિવત છે, પરંતુ તળિયેથી ઊર્જા દાખલ થતી હોવાથી મોટાભાગના અણુઓ ગુરુત્વાકર્ષણ બળની વિરુદ્ધ ધીમે-ધીમે પ્રવાહીની ઉપરની સપાટી તરફ આગળ વધે છે.

જેમ-જેમ અણુઓનો આ સમૂહ ઉપરની તરફ આગળ વધે છે તેમ-તેમ તેઓની ગતિઊર્જા ઘટે છે (જેમ ગુરુત્વાકર્ષણ બળની વિરુદ્ધ ઉપરની દિશામાં ઉછાળેલો દડો પોતાનો વેગ ગુમાવે છે તેમ). ખૂબ ઓછી સંખ્યામાં અણુઓ વધારાની ગતિઊર્જા સાથે સપાટી સુધી પહોંચે છે અને ક્યારેક સપાટી છોડી જાય છે. ગરમ કરતાં રહેવાથી બાષ્પીભવનમાં વધારો થાય છે. એવા સામાન્ય અવલોકન સાથે આ વાત સાતત્ય ધરાવે છે. ઉપરની તરફ ગતિ કરતાં અણુઓના સમૂહની જગ્યા ઓછી ગતિઊર્જા ધરાવતા તેમજ ગુરુત્વાકર્ષણની અસર હેઠળ નીચેની તરફ ગતિ કરતાં અણુઓ દ્વારા લેવામાં આવે છે. આ અણુઓ સતત બીજા અણુઓ સાથે અથડાય છે અને હલનચલનની એક સાંકળ જેવી ભાત (Pattern) રચાય છે. આ સાંકળ (loop)નો આકાર ઘણો જટીલ હોઈ શકે છે. પાત્રનો આકાર, અપાતી ગરમીનું પ્રમાણ (તીવ્રતા) અને પ્રવાહીનો સ્વભાવ

પોતાની ભૂમિકા ભજવે છે. જો ગુરુત્વાકર્ષણ ન હોય તો ઉષ્માનયન પણ ન હોત. આમ છતાં અણુઓની સતત અને અસ્તવ્યસ્ત ગતિ તો રહેત જ અને વાયુને ગરમ કરવાથી ઉષ્માના સ્રોતની નજીક રહેલા અણુઓની ગતિઊર્જામાં વધારો થશે, પરિણામે અન્ય અણુઓ સાથેની તેઓની અથડામણ પણ વધશે અને પાત્રના અન્ય ભાગો તરફનું તેઓનું પરિવહન પણ વધશે. શૂન્ય ગુરુત્વાકર્ષણમાં વાયુ અને પ્રવાહીમાં ઉષ્માપ્રસરણની રીત વિસ્તરણ અને ઉષ્માવહનનું મિશ્રણ હશે.

સારાંશ :

- *અણુઓની અસ્તવ્યસ્ત ગતિના કારણે ઉદ્ભવતી સરેરાશ ગતિઊર્જા તે પદાર્થના તાપમાનનું માપ છે. સરેરાશ ગતિઊર્જાના આધારે બનેલા તાપમાનના માપદંડને નિરપેક્ષ માપદંડ અથવા કેલ્વિન માપદંડ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે, અને તે હંમેશા ધન મૂલ્ય ધરાવે છે.*

- *જ્યારે બે પદાર્થોને એકબીજાના સંપર્કમાં લાવવામાં આવે છે ત્યારે ઊંચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફથી નીચું તાપમાન ધરાવતા પદાર્થ તરફ ઉષ્માઊર્જાનું વહન થાય છે. જ્યાં સુધી બંને પદાર્થો એકસરખું તાપમાન ન ધરાવે એટલે કે જ્યાં સુધી ઉષ્મીય સંતુલન ન સ્થપાય ત્યાં સુધી ઉષ્માઊર્જા વહેવાનું ચાલુ રાખે છે.*

- *પાત્રની દીવાલ અને કણો વચ્ચેની અથડામણના કારણે વાયુઓમાં દબાણ બને છે. તાપમાનમાં વધારો થવાથી કણોની સરેરાશ ગતિઊર્જા તેમજ દીવાલ સાથેના અથડામણના દરમાં વધારો થાય છે અને પરિણામે વાયુના દબાણમાં વધારો થાય છે.*

- *અસ્તવ્યસ્ત ગતિ કરતાં કણોમાંથી આસપાસ પ્રસરણ પામતી ગતિઊર્જાના સંદર્ભમાં ઉષ્માનું યાંત્રિક-ઊર્જામાં થતું રૂપાંતરણ સમજી શકાય છે અને તેને વાયુના વિસ્તરણમાં સરળતાથી જોઈ શકાય છે.*

- *કણોની સીધી અને અસ્તવ્યસ્ત ગતિના સંયોજનના કારણે પ્રવાહી અને વાયુમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ થાય છે અને તે ગુરુત્વાકર્ષણ દ્વારા પ્રભાવિત થાય છે.*

પ્રકરણ-7

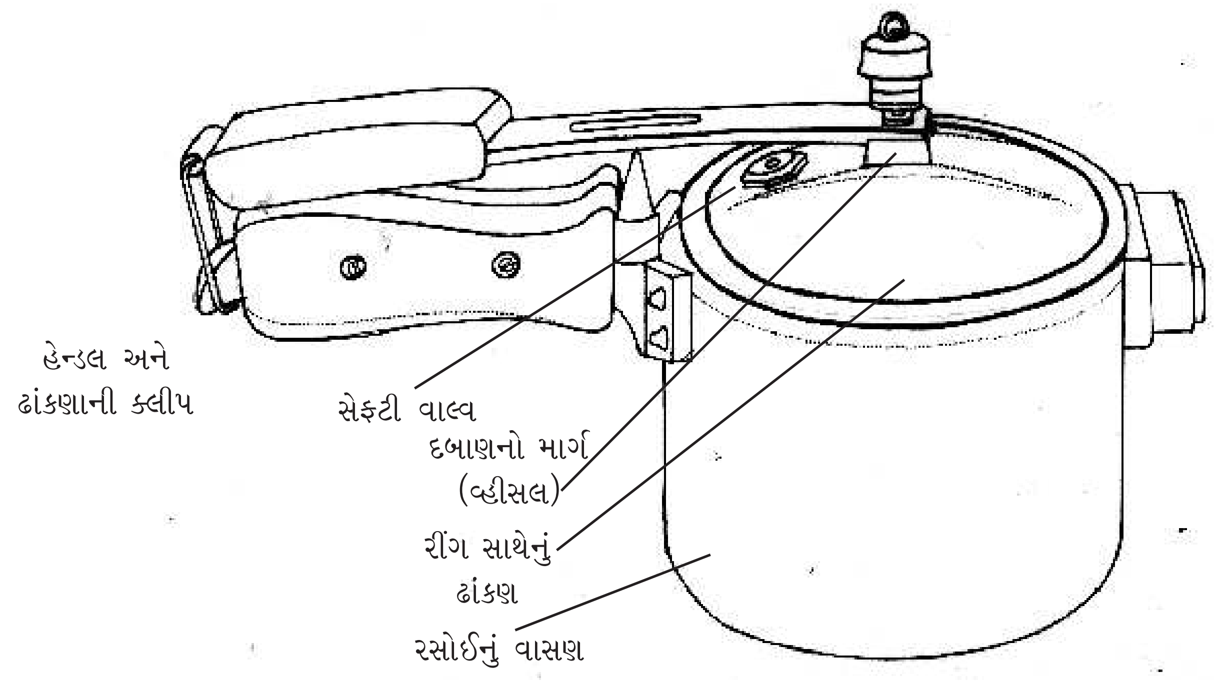
કેટલાક નોંધપાત્ર ઉપકરણો

ઘણીબધી રોજિંદી પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે ઉષ્માનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. સૌથી સામાન્ય ઉદાહરણ રસોઈનું છે. ઉષ્માના સ્રોત વિના આપણે રાંધવાની કલ્પના પણ ભાગ્યે જ કરી શકીએ. આપણે રાંધવા માટે ગરમ કરવાના વિવિધ ઉપકરણોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. કેરોસીન અથવા ગેસ જેવા બળતણોના દહનથી ચાલતા સ્ટવ, વિદ્યુત હીટર, માઈક્રોવેવ ઓવન વગેરે આના ઉદાહરણો છે. ઉષ્માના ઉપયોગના આધારે ચાલતાં ઘણાં ઉપકરણો ઘરની બહાર અનેક કાર્યોમાં વપરાય છે. અગાઉના પ્રકરણોમાં આપણે ઉષ્માની જે વિવિધ અસરો વિશે જોઈ ગયા તેમાંની ઘણી અસરોનો ઉપયોગ આવા ઉપકરણોની રચનામાં કરવામાં આવે છે.

કદાચ ઉષ્માના ઉપયોગ આધારિત કામ કરતાં કેટલાક મહત્ત્વપૂર્ણ ઉપકરણો ઉષ્મા અને કાર્યની તુલ્યતા (equivalence) પર તેમજ વાયુના સંદર્ભમાં તેઓના દબાણ અને તાપમાન સાથેના સંબંધ પર આધારિત છે. ઉદાહરણ તરીકે વરાળયંત્ર – ભૂતકાળમાં તેનો ઉપયોગ ઉદ્યોગોમાં, વહાણવટામાં, રેલ્વેમાં અને વીજળી ઉત્પન્ન કરવા જેવા અનેક કાર્યોમાં થતો હતો. આજના યુગમાં સ્કૂટરથી માંડીને ટ્રેનો સુધી, જહાજથી માંડીને વિમાન સુધીના તમામ વાહનોને શક્તિ પૂરી પાડતું સૌથી સામાન્ય એન્જિન એટલે આંતરિક દહન એન્જિન પણ તેનું જ ઉદાહરણ છે. કંઈક વિચિત્ર લાગે એવું છે પણ ઠંડુ કરવા માટે પણ ઉષ્માની જરૂર પડે છે, જેમ કે રેફ્રીજરેશન, એર-કન્ડીશનિંગ વગેરે. આ ઉપકરણોની સમાજ પર ખૂબ મોટી અસર જોવા મળે છે. ઉષ્મા અંગેની આપણી સમજનો ચતુરાઈભર્યો ઉપયોગ કરીને કેટલાક ઉપયોગી તેમજ વિરોધાભાસી કાર્યો કરતાં હોવાથી આ ઉપકરણો નોંધપાત્ર છે. પદાર્થની ઉષ્માઊર્જામાં વધારો થતાં કાર્ય કરવાની પ્રાપ્ત થતી ક્ષમતાનો ઉપયોગ વરાળયંત્ર અને આંતરિક દહનયંત્રમાં કરવામાં આવે છે જ્યારે રેફ્રીજરેટર પદાર્થની ગતિઊર્જામાં ઘટાડો કરવા માટે કાર્યનો ઉપયોગ કરે છે. આપણે આ ઉપકરણો અંગે વિગતે અભ્યાસ કરીશું. પણ તે અગાઉ આપણે મનુષ્યની સીધી જરૂરિયાત એટલે કે ખોરાક સાથે જોડાયેલ એક સરળ છતાં ખૂબ મહત્ત્વના ઉપકરણ વિશે વિસ્તારથી જોઈશું.

7.1 પ્રેશર કૂકર

રસોઈ બનાવવા માટે ઉકાળવું, શેકવું, તળવું વગેરે જેવી અનેક પ્રવૃત્તિઓ અથવા પ્રયુક્તિઓ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. આ પૈકી દાળ, ચોખા વગેરેની બનાવટમાં, ઉકાળવાની રીત રોજીંદા જીવનમાં સૌથી વધારે વપરાય છે. ઉકાળવાની પદ્ધતિ



આકૃતિ-7.1 : પ્રેશર કૂકરની રચના

એ એક એવી પ્રક્રિયા છે કે જેમાં જે પદાર્થને રાંધવાનો હોય તેને પાણીમાં ડૂબાડવામાં આવે છે. ત્યારબાદ પાણી ઉકળે ત્યાં સુધી તેને ગરમ કરવામાં આવે છે અને છેવટે ખોરાક રંધાઈ ન જાય ત્યાં સુધી તેને ઉકાળવાનું ચાલુ રાખવામાં આવે છે. પાણીનું ઉત્કલન બિંદુ અંદાજે 100 °C હોવાથી પાણીમાં ડૂબાડેલ ખોરાક પણ આ જ તાપમાને રંધાય છે. બધી જ રસોઈ 100 °C તાપમાને રંધાતી નથી. જુદી-જુદી રસોઈ સારી રીતે રાંધવા માટે જુદા-જુદા તાપમાનની જરૂર પડે છે. વધારામાં મોટા ભાગની રસોઈ સૈદ્ધાંતિક રીતે જોઈએ તો ઊંચા તાપમાને ઝડપથી તૈયાર થાય છે. જો પદાર્થને રાંધવા માટે વધારે ઊંચા તાપમાનની જરૂર હોય તો તે માત્ર ઉકાળવાથી રંધાઈ શકે નહીં. પછી તપેલીમાં રહેલા પાણીને ભલેને ગમે તેટલી ઉષ્મા પૂરી પાડો. કારણ કે તેનું તાપમાન ઉત્કલન બિંદુથી વધારે ઉપર જવાનું જ નથી.

જો પાણીના ઉત્કલનબિંદુને કોઈપણ રીતે ઊંચું લઈ જઈ શકાય તો પાણીને વધારે ઊંચા તાપમાન સુધી ગરમ કરી શકાય અને પરિણામે ઝડપથી રાંધી શકાય. અલબત્ત, ઉષ્માનો સ્રોત 100°C કરતાં વધારે તાપમાન ધરાવતો હોવો જોઈએ. પરંતુ આ કોઈ મોટી સમસ્યા નથી કારણ કે ઉપયોગમાં લીધેલ બળતણ પર આધારિત હોવા છતાં સ્ટવની જ્યોતનું તાપમાન ઘણું વધારે હોય છે. તો પછી આપણે પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ કેવી રીતે ઊંચું લઈ જઈ શકીએ ? આની યુક્તિ એ છે કે પાણીની આજુબાજુ રહેલ હવાનું દબાણ વધારવામાં આવે. પ્રેશર કૂકરમાં આમ જ કરવામાં આવે છે. તે એક હવાચુસ્ત બંધ પાત્ર છે કે જે અંદર રહેલું દબાણ કોઈ નિશ્ચિત મૂલ્ય સુધી વધે નહીં ત્યાં સુધી અંદરની હવાને કે વરાળને બહાર નીકળવા દેતું નથી. પ્રેશર કૂકરનો

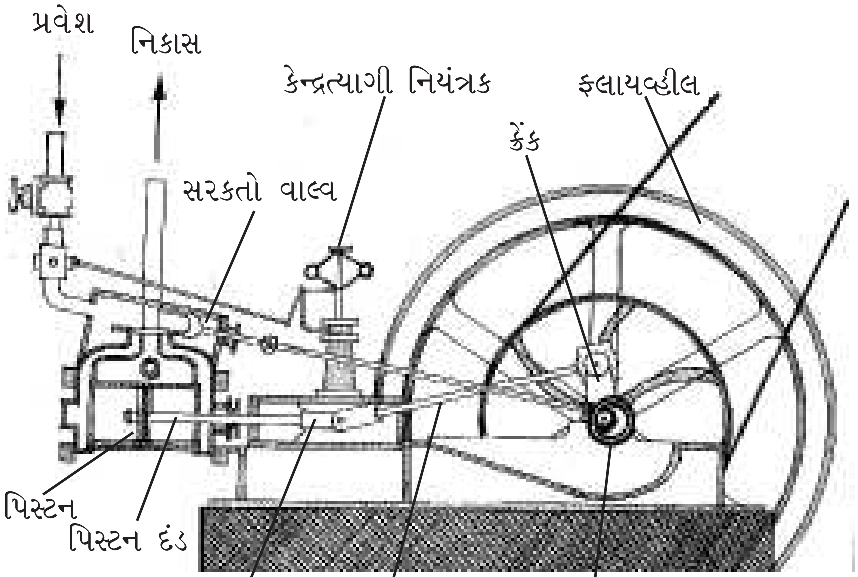
વિચાર છેક 1670માં આવેલો, વ્યાપારિક ધોરણે પ્રથમ ઉપયોગ 1864માં થયેલો જ્યારે આધુનિક પ્રેશર કૂકરના મૂળ 1938ના વર્ષમાં જોઈ શકાય છે. આકૃતિ-7.1માં આધુનિક પ્રેશર કૂકરની રૂપરેખા તેની મહત્ત્વની લાક્ષણિકતા સાથે જોઈ શકાય છે.

જ્યારે પ્રેશર કૂકરમાં ખોરાકને રાંધવા માટે મૂકવામાં આવે છે ત્યારે પાણીમાંથી નીકળતી વરાળ અને અંદરની ગરમ હવાના કારણે કૂકરની અંદર એક દબાણ સર્જાય છે. તેના પરિણામે પાણી ઉપર વધારે ઉકળવા માટે દબાણ સર્જાય છે. સ્ટવની ગરમી પાણીને તેના સામાન્ય ઉત્કલનબિંદુથી વધારે ઊંચા તાપમાને લઈ જાય છે અને છેવટે પાણી ઊંચા તાપમાને ઉકળવા માંડે છે. ઉકળવાથી બનતી વરાળ જ્યાં સુધી દબાણના પૂર્વનિર્ધારિત મૂલ્ય સુધી ન પહોંચે ત્યાં સુધી કૂકરમાં ઘેરાયેલી રહે છે. આ ગોઠવણીના બે ફાયદાઓ છે. એક તો ખોરાક ઊંચા તાપમાને રંધાય છે અને બીજું વધેલા તાપમાનના કારણે વરાળની ગરમીથી ખોરાક વધારે ઝડપથી રંધાય છે. આથી ખુલ્લી તપેલીમાં જોઈએ એના કરતાં ઘણાં વધારે પાણીની જરૂર પડે છે. ખુલ્લી તપેલીમાં પાણીમાં ડૂબાડીને લાંબો સમય રાંધવાથી નાશ પામતાં પોષકતત્ત્વોને વરાળ દ્વારા રાંધવાથી જાળવી શકાય છે. બળતણ અને સમય એ બંનેમાં બચત એ તેની ચોખ્ખી અસર કહી શકાય. સામાન્ય ઘર વપરાશનાં કૂકર વાતાવરણના સામાન્ય દબાણ કરતાં બમણાં દબાણે કાર્ય કરે છે અને ઉત્કલનબિંદુને 120 °C સુધી લઈ જાય છે.

પ્રેશર કૂકરનો ઉપયોગ કરવાની આદર્શ રીત કઈ છે ? સૌપ્રથમ તો આપણે પૂરતી વરાળ ઉત્પન્ન કરે તેટલું ઓછામાં ઓછું પાણી વાપરવું જોઈએ. બીજું, એક વખત પૂરતું દબાણ ધરાવતી વરાળ બની જાય પછી જ્યોતને ધીમી કરી દેવી જોઈએ. વધારે ગરમ કરવાથી માત્ર વધારે વરાળ જ પેદા થશે અને તે પણ પૂર્વનિર્ધારિત સેટ કરેલ મૂલ્યથી દબાણ વધતાં બહાર નીકળી જશે. બહાર નીકળતી વરાળ એ વધારાના પાણીને ગરમ કરીને વરાળમાં ફેરવવાથી આસપાસના વાતાવરણમાં થતો ઉષ્માનો વ્યય દર્શાવે છે. આથી અમુક ખોરાક રાંધવા માટે આટલી સીટીની જરૂર પડશે જ એ સિદ્ધાંત ભૂલ ભરેલો છે. વધારે સારું તો એ છે કે પૂર્વનિર્ધારિત દબાણ સુધી (બહાર નીકળી જાય તેની બિલકુલ અગાઉનું દબાણ) વરાળને ભેગી કરવામાં આવે અને ત્યારબાદ જે-તે ખોરાકની જરૂરિયાત અનુસાર જ્યોત ધીમી કરીને રાંધવામાં આવે. ખરેખર તો જ્યોત બંધ કર્યા પછી પણ વરાળની ગરમીનું ખોરાકમાં પ્રસરણ થતું હોવાથી ખોરાક રંધાવાનું ચાલુ જ રહે છે. આ પ્રક્રિયા કૂકરમાં ત્યાં સુધી ચાલુ રહે છે કે જ્યાં સુધી તમામ વરાળ ઠરીને પાણીમાં રૂપાંતરિત ન થઈ જાય. આના માટે અનિવાર્ય કે ચાવીરૂપ નિયમ એ છે કે જો કૂકરને સાચી રીતે વાપરવામાં આવે તો સીટી વગાડવાની જરૂર જ નથી.

7.2 વરાળ એન્જિન

પાણીને ગરમ કરવાથી પેદા થયેલ વરાળ દ્વારા પદાર્થોને ખસેડવાના વિચારનો ચતુરાઈભર્યો ઉપયોગ 17મી સદીમાં કરવામાં આવ્યો. વરાળ એન્જિન એક એવું ઉપકરણ છે કે જે ઉષ્માની મદદથી પાણીમાંથી વરાળ પેદા કરે છે અને તે વરાળનો ઉપયોગ યાંત્રિક કાર્ય કરવા માટે કરે છે. સામાન્ય રીતે આ યાંત્રિક કાર્ય પિસ્ટનને આગળ-પાછળ ધકેલીને કરવામાં આવે છે. વરાળ એન્જિનનો ઉપયોગ રેલ્વે એન્જિનમાં તેમજ ફેક્ટરીમાં લૂમ્સ જેવા મશીનોને ચલાવવા માટે થતો હતો. સ્ટીમ એન્જિનનો સંબંધ રેલ્વે એન્જિન સાથે એટલો બધો જોડાઈ ગયો કે અયોગ્ય હોવા છતાં વરાળથી ચાલતા



આકૃતિ-7.2 : મુખ્ય ભાગોના નામ સહિતનું વરાળ એન્જિન

યંત્રોને સ્ટીમ એન્જિન તરીકે ઓળખવામાં આવતાં હતાં. વરાળ એન્જિનને મહત્ત્વનું ઔદ્યોગિક આવિષ્કારો પૈકી સૌથી મહત્ત્વની ગણવામાં આવે છે. તેમજ તેને ઔદ્યોગિક યુગના અગ્રદૂત તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

આકૃતિ 7.2માં વરાળ એન્જિનના મુખ્ય ભાગો દર્શાવેલ છે. બોઈલરમાં કોલસા અથવા પેટ્રોલિયમ ઓઈલ કે ગેસ જેવા બળતણના દહન થકી ખૂબ ઊંચું દબાણ ધરાવતી વરાળ પેદા કરવામાં આવે છે. જ્યારે વરાળનું દબાણ નિર્ધારિત મર્યાદાને ઓળંગે છે ત્યારે વરાળ નળાકાર ચેમ્બરમાં દાખલ થાય છે, ત્યાં એક ચૂસ્ત રીતે ગોઠવવામાં આવેલ પિસ્ટન નળાકારની ધરી પર ફરે છે. ખૂબ ઊંચું દબાણ ધરાવતી અત્યંત ગરમ એવી વરાળ વિસ્તરણ પામે છે અને પિસ્ટન પર કાર્ય કરીને તેને બહારની તરફ ધકેલે છે. વિસ્તરણ પામેલ વરાળ ઉષ્મા ગુમાવતા (તેનું પિસ્ટનની ગતિમાં રૂપાંતરણ થઈ ગયું છે) ઠંડી પડે છે અને છેવટે સંકોચન પામે છે. સંકોચાયેલ વરાળને બોઈલરમાં પુનઃ દાખલ કરવામાં આવે છે.

આ દરમિયાન પિસ્ટન ગતિમાં આવી ગયેલું હોય છે. પિસ્ટનની સાથે ક્રેંકશાફ્ટ (એક પ્રકારનો શાફ્ટ કે જે પિસ્ટનની ગતિ સાથે તાલમેલમાં આગળ અને પાછળની તરફ ગતિ કરે છે) અને ફ્લાયવ્હીલ (એક વજનદાર અને પૂરક પૈડું કે જે પિસ્ટનની ગતિથી ફરે છે) જોડાયેલા હોય છે. ક્રેંકશાફ્ટ પિસ્ટનની રૈખિક ગતિને એન્જિનના વ્હીલ, વહાણનાં પંખા અથવા લૂમ્સના સ્પીંડલને ચક્રિય ગતિમાં ફેરવે છે. વિસ્તરણ પામેલ વરાળ બોઈલરમાં પાછી ફર્યા બાદ ફ્લાયવ્હીલની ચક્રિય ગતિના કારણે પિસ્ટન વિસ્તરણ પામેલ નળાકારમાં પાછો ધકેલાય છે.

વરાળ એન્જિનની શોધને ઘણી વખત ઔદ્યોગિક ક્રાંતિની શરૂઆત તરીકે ગણવામાં આવે છે. વરાળ એન્જિન એ એવું સૌપ્રથમ ઉપકરણ હતું કે જેના કારણે ઉષ્માનું યાંત્રિક ઊર્જામાં રૂપાંતરણ

જેમ્સ વૉટ (1736-1819)

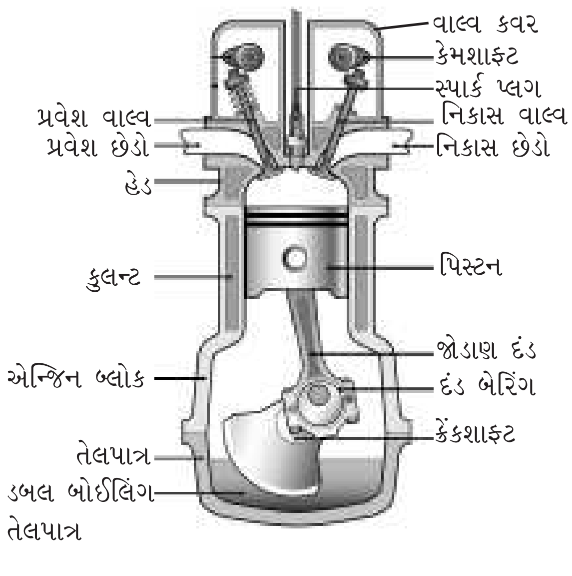
આપણામાંના મોટાભાગના લોકોએ વરાળ એન્જિનના સંદર્ભમાં વૉટનું નામ સાંભળ્યું હશે. તેઓએ વરાળ એન્જિનમાં માત્ર નોંધપાત્ર સુધારાઓ કરેલ હોવા છતાં તેઓને વરાળ એન્જિનના શોધક તરીકે બહુમાન આપવામાં આવે છે. વાસ્તવમાં વરાળ એન્જિનની શોધ ન્યૂકોમેને કરેલ હતી. પરંતુ વોટના એન્જિનની બળતણ કાર્યક્ષમતા અને વૈવિધ્ય (ન્યૂકોમેનનું એન્જિન માત્ર પાણી ખેંચવાના પંપ તરીકે જ વપરાતું) ના કારણે તેને ઔદ્યોગિક ક્રાંતિ અને વરાળયંત્ર સાથે જોડી દેવામાં આવ્યા. તેઓએ રજૂ કરેલ સુધારાઓ પૈકીના બે આ મુજબ હતા : (1) જુદું સંઘનનપાત્ર (condencser) પૂરું પાડ્યું કે જેથી સિલિન્ડરને વારંવાર ગરમ કરવા માટે વપરાતી ઉષ્માને બચાવી શકાય. (2) ચક્રીય ગતિ પેદા કરવા માટે એન્જિનનો ઉપયોગ. તેઓએ હોર્સપાવરનો ખ્યાલ રજૂ કર્યો અને પાવરનો એકમ તેઓના નામથી જ ઓળખવામાં આવે છે.

વ્યવહારિક રીતે શક્ય બન્યું. માનવ અથવા પશુબળની સરખામણીએ વરાળ એન્જિન ઓછા ખર્ચે અને ઓછા સમયમાં વધારે કાર્ય કરી શકે છે. આના કારણે કાંતવા, પીંજવાના મશીનથી માંડીને રેલ્વે એન્જિન સુધીના તમામ પ્રકારના મશીનો માટે વરાળ એન્જિન લોકપ્રિય બન્યું.

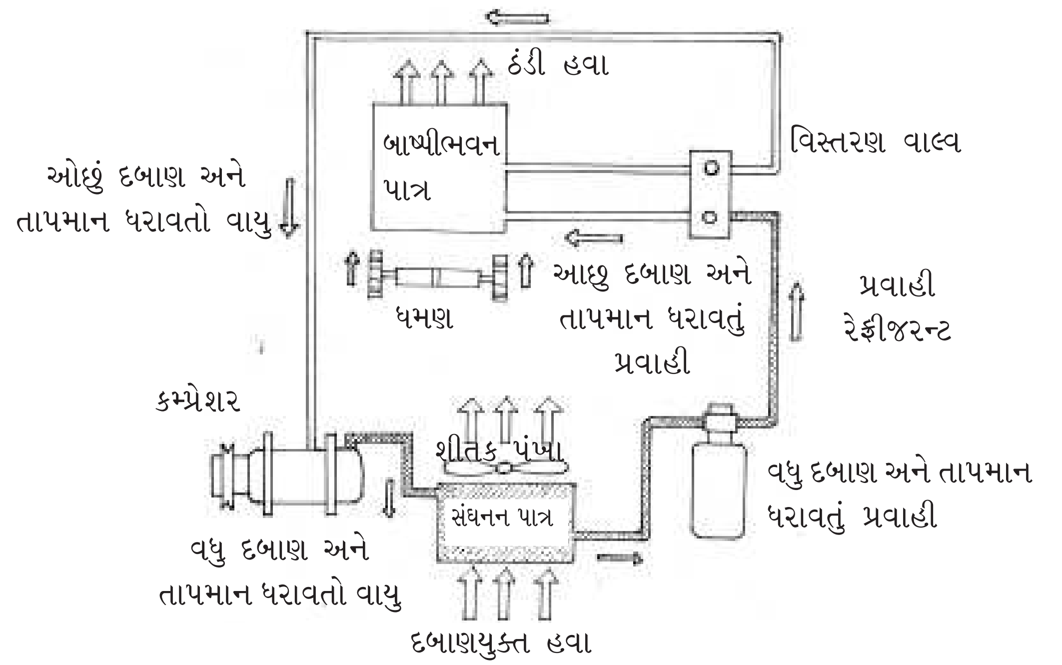
7.3 આંતરિક દહન એન્જિન

વરાળ એન્જિનમાં બળતણની મદદથી પાણીમાંથી વરાળ પેદા કરવામાં આવતી અને આ વરાળ પિસ્ટન પર કાર્ય કરતી હતી. જે સિલિન્ડરમાં વરાળ વિસ્તરણ પામતી હતી તેની બહાર બળતણનું દહન થતું હતું. આ ગોઠવણથી વિરુદ્ધ એવા કેટલાંક એન્જિન પણ છે કે જેમાં બળતણનું મિશ્રણ (સામાન્ય રીતે પેટ્રોલ, ડીઝલ, કેરોસીન અથવા સીએનજી જેવા અશ્મિ બળતણો) અને હવાને સિલિન્ડરની અંદર જ બાળવામાં આવે છે અને તેના કારણે પેદા થયેલ વાયુઓ (મુખ્યત્વે કાર્બનના ઓક્સાઇડ અને વરાળ) તે જ સિલિન્ડરમાં વિસ્તરણ પામે છે, જે પિસ્ટનને કાર્યરત કરે છે. આ પ્રકારના એન્જિનને આંતરિક દહન એન્જિન તરીકે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. એક સરખું કદ ધરાવતા બાહ્ય દહન એન્જિન કરતાં આંતરિક દહન એન્જિન ઘણો વધારે પાવર પૂરો પાડે છે. પિસ્ટનની મદદથી ક્રૅંકશાફ્ટ અને વ્હીલને જરૂરિયાત અનુસાર ફેરવી શકાય છે.

IC (Internal Combustion) એન્જિન બે પ્રકારના જોવા મળે છે – 2 સ્ટ્રોક અને 4 સ્ટ્રોક. 2 સ્ટ્રોક એન્જિનમાં વિસ્તરણ અને સંકોચનના સ્ટ્રોક દરમિયાન હવા-બળતણનું મિશ્રણ દાખલ થઈને બળવાનું શરૂ કરે છે. જ્યારે વિસ્તરણ સ્ટ્રોક દરમિયાન પેદા થયેલ વાયુઓ બહાર નીકળીને પિસ્ટનને બહારની તરફ ધકેલે છે. 4-સ્ટ્રોક



આકૃતિ-7.3 : આંતરિક દહન એન્જિનની રચના



આકૃતિ-7.4 : વાયુના વિસ્તરણ અને સંકોચન આધારિત રેફ્રીજરેશન ચક્રની પદ્ધતિસરની રેખાકૃતિ

એન્જિનમાં સંકોચન અને પ્રજ્વલન (ignition) ની ક્રિયાઓ ક્રમિક રીતે થાય છે. જેમકે મિશ્રણ સંપૂર્ણ રીતે સંકોચન પામે પછી પ્રજ્વલન શરૂ થાય છે. પિસ્ટન પૂરી રીતે બહાર ધકેલાઈ જાય ત્યારબાદ વિસ્તારિત વાયુઓ બહાર નીકળે છે. 4-સ્ટ્રોક એન્જિનમાં માત્ર દહન જ વધુ કાર્યક્ષમ નથી થતું પરંતુ દહનની નીપજ એવા વાયુઓનાં વિસ્તરણનું કાર્યમાં રૂપાંતરણ પણ વધુ કાર્યક્ષમ જોવા મળે છે. IC એન્જિન સામાન્ય રીતે વારાફરતી સ્ટ્રોક મારતા બે અથવા વધારે (સામાન્ય રીતે બેકી સંખ્યામાં) સિલિન્ડરના બનેલા હોય છે.

તેઓના નાના કદ, ઊંચા પાવર આઉટપુટ અને મજબૂત બાંધણીના કારણે ભૂમિ, જળ કે વાયુ એમ કોઈપણ પ્રકારના વાહનોની તે પ્રથમ પસંદગી છે. ખરેખર તો હવા કરતાં વધારે વજનદાર વિમાનો IC એન્જિનના આવિષ્કાર પછી જ શક્ય બન્યા.

7.4 રેફ્રિજરેટર

ઉચ્ચ દબાણ ધરાવતી સાઈકલની ટ્યૂબમાંથી બહાર નીકળતી હવાની ઠંડક પેદા કરતી અસરને યાદ કરો. જો તમારી પાસે હવાને વારંવાર સંકોચિત કરવાની તેમજ કોઈ ચોક્કસ બંધ જગ્યામાં સંગ્રહ કરવાની વ્યવસ્થા હોય તો સંકોચન અને વિસ્તરણ દરમિયાન હવાને ઠંડી કરવાનું સંભવ બને છે અને છેવટે વિસ્તરણના ક્ષેત્રમાં રહેલ પદાર્થોને પણ ઠંડા કરી શકાય છે. ઠંડુ કરવું (રેફ્રીજરેશન)નો આ સિદ્ધાંત છે. તે યાંત્રિક ઉર્જા વાપરીને (વાયુનું સંકોચન કરતી વખતે) કેન્દ્રિત પ્રદેશમાંથી તેની આસપાસના પ્રદેશમાં, આસપાસના વાતાવરણનું તાપમાન કેન્દ્રિત પ્રદેશના તાપમાન કરતાં ઓછું ન હોય તો પણ, ઉષ્માનું પરિવહન કરે છે.

તે રસના ક્ષેત્રમાંથી આસપાસ ઉષ્માના પ્રસરણ માટે યાંત્રિક ઊર્જા (વાયુના સંકોચન દરમિયાન)નો ઉપયોગ કરે છે.

ઈન્ટરનેટ સ્રોત

પ્રેશર કૂકરને બાદ કરતાં આપણને સામાન્ય રીતે આ પ્રકરણમાં વર્ણવેલ ઉપકરણોની આંતરિક રચના અને કાર્ય જોવા મળતા નથી. આ પ્રકારના ઉપકરણોની સમજ મેળવવામાં કમ્પ્યૂટર એનીમેશન ઘણી વખત ઉપયોગી નીવડે છે. ઈન્ટરનેટ પર ઘણાં સ્રોત પ્રાપ્ય છે, તેમાંના કેટલાંક અમે અહીં દર્શાવેલ છે.

વરાળ એન્જિન માટે જુઓ :
http://en.wikipedia.org/wiki/steam.engine

IC એન્જીન માટે જુઓ :
http://www.howstuffworks.com/engine1.htm અને http://en.wikipedia.org/wiki/cylinder_(engine)

રેફ્રીજરેશન ચક્રની સમજૂતી આપતા ચિત્ર માટે જુઓ :
http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump_and_refrigeration_cycle

રેફ્રીજરેટરમાં કમ્પ્રેશર દ્વારા બાષ્પીભવનપાત્ર (evaporator) અને સંઘનનપાત્ર (condenser) એમ બે એકમો વચ્ચે વાયુ પ્રસરિત થાય છે. (આકૃતિ 7.4).

કમ્પ્રેશર વિદ્યુતઊર્જાનો ઉપયોગ કરીને વાયુ પર કાર્ય કરે છે. રેફ્રીજરન્ટ વાયુને દબાવવામાં આવતાં તેનું તાપમાન અને દબાણ વધે છે. સંકોચિત વાયુને કન્ડેન્શરમાં દાખલ કરવામાં આવે છે, ત્યાં તે આસપાસની હવામાં પોતાની ઉષ્મા ગુમાવીને પ્રવાહીમાં ઠારણ પામે છે. પ્રવાહીને એક બારીક વાલ્વમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે અને આ આખી પ્રક્રિયા ચાવીરૂપ બાબત છે. તે સંકોચન સાથે તાલમેલમાં ખૂલતું બંધ થતું એક સૂક્ષ્મ છિદ્ર ધરાવે છે. આ પ્રવાહીકૃત વાયુને સૂક્ષ્મ છિદ્રમાંથી બાષ્પીભવનપાત્રમાં ધકેલતાં જ તે ખૂબ ઝડપથી વિસ્તરણ પામે છે (જેમ આપણે સાઈકલની ટ્યૂબના કિસ્સામાં જોયું હતું તે અનુસાર) અને બાષ્પીભવન પાત્રને ઠંડું પાડે છે અને છેવટે તે આસપાસ રહેલ હવાને ઠંડી કરે છે. રેફ્રીજરેટરના ગરમ અને ઠંડા ભાગોને અવાહકો દ્વારા એકબીજાથી સારી રીતે જુદા પાડવામાં આવે છે. આ બે ભાગો વચ્ચેનો વાલ્વ સીમા તરીકેનું કાર્ય કરે છે. જોકે વાયુ અને કમ્પ્રેશરની મદદથી ઉષ્મા ઠંડાથી ગરમ ક્ષેત્ર તરફ પ્રસરણ પામે છે.

એરકંડિશનર પણ રેફ્રિજરેટરના જેવા સિદ્ધાંત પ્રમાણે જ કાર્ય કરે છે. એરકંડિશનરમાં રહેલ કમ્પ્રેશર ઈલેક્ટ્રિક મોટર (મકાનોમાં) દ્વારા અથવા તો IC એન્જિન (વાહનોમાં) દ્વારા ચાલે છે. આમ ઉષ્માના પ્રસરણ માટેનું જરૂરી કાર્ય ઊર્જાના વધારાના સ્રોત દ્વારા અસર પામે છે.

શું તમે કહી શકશો કે રેફ્રીજરેટરને ક્યારેક ઉષ્માપંપ તરીકે શા માટે ઓળખવામાં આવે છે ?

મગજ કસો

ઉષ્મા અને તાપમાનના સંદર્ભમાં આપણને રોજિંદા જીવનમાં એવી ઘણી સ્થિતિઓ જોવા મળે છે કે જેની કોઈ તત્કાલિન સમજૂતી ન મળતાં તે ગૂંચવાડો ઊભો કરે છે. અહીં અમે કેટલીક મગજ કસવું પડે તેવી સ્થિતિઓ આપેલ છે. આશા છે કે તે તમને ઉદ્દીપ્ત કરશે અને આ પુસ્તકમાં થયેલી ચર્ચાના આધારે તમે તેનું નિરાકરણ શોધી શકશો.

1. શું ગરમ ધાબળાથી તમે તમારી જાતને વીંટાળી લેશો તો તે તમને ગરમી પૂરી પાડશે ? શું ધાબળાનો ઉપયોગ વસ્તુને ઠંડી રાખવા માટે પણ કરી શકાય ?

2. શિયાળાની ઋતુમાં રાત્રે બારી અકસ્માતે ખુલ્લી રહી જતાં તમે શાને કારણે પરેશાન થાવ છો ? બહારની ઠંડી અંદર આવવાથી કે પછી અંદરની ગરમી બહાર જવાથી ?

3. જ્યારે કોઈ કાચની બોટલનું ધાતુનું ઢાંકણું ખૂબ જ ચુસ્ત રીતે ફિટ થઈ ગયું હોય છે ત્યારે ઢાંકણાને ગરમ કરવાથી તેને સહેલાઈથી ખોલી શકાય છે ? આ કેવી રીતે બને છે તે સમજાવો.

4. પ્લાસ્ટિકની પાતળી દીવાલ ધરાવતી બોટલને તમે પાણીથી છલોછલ ભરીને ચુસ્ત રીતે બંધ કરેલ છે. આ બોટલને ફ્રીજરમાં મૂકી દેવામાં આવે છે. આનું સંભવિત પરિણામ શું આવશે ?

5. ***'ગરમ હવા હલકી હોય છે.'*** – આ વિધાન દ્વારા તમે શું સમજ્યા ?

6. તમે શિયાળામાં બરફના ટુકડાને લાંબો સમય જાળવવા માગતા હોવ તો તમે તેને ધાબળામાં લપેટવાનું કે એલ્યુમિનિયમ ફોઇલમાં લપેટવાનું કે એમને એમ ખુલ્લામાં મૂકી રાખવાનું પસંદ કરશો ? આ જ વસ્તુ તમારે ઉનાળામાં કરવાની હોય તો તમે શું કરશો ?

7. શિયાળામાં અન્ય સપાટીઓ કરતાં ધાતુની સપાટી વધારે ઠંડી લાગે છે. સમજાવો શા માટે ? જો સપાટી લીસી હોય કે ખરબચડી હોય તો ઠંડીનું સંવેદન બદલાશે ? કઈ રીતે ? જો સપાટી લીસી હોય તો ?

8. અવકાશયાત્રીને ચા બનાવવા માટે પાણી ઉકાળવામાં શું તકલીફ પડી શકે ?

9. માનો કે તમારા શરીરનું તાપમાન છે એનાં કરતાં ઓછું હોય તો ગરમી અને ઠંડીના સંવેદનમાં શો ફેર પડશે ?

10. *'ઉષ્માનું પરાવર્તન'* માટે કરેલી પ્રવૃત્તિના સંદર્ભમાં શું તમે કહી શકશો કે ખોરાકને (ખાસ કરીને રોટલીને) પીરસવામાં વાર હોય ત્યારે એલ્યુમિનિયમની ફોઇલમાં શા માટે વીંટાળવામાં આવે છે ?

11. એક ઓરડામાં પશ્ચિમ તરફ કાચની બારી છે અને તમે ઉનાળાની બપોરે ઓરડાને ખૂબ તપી જતો અટકાવવા માગો છો. નીચે ત્રણ રીતો સૂચવેલ છે. તેઓની અસરકારકતાનો ક્રમ કારણસહિત નક્કી કરો.

    (a) કાચની બહારની બાજુને એલ્યુમિનિયમ ફોઇલ વડે ઢાંકીને

    (b) કાચની અંદરની બાજુએ થર્મોકોલની જાડી શીટ મૂકીને.

    (c) કાચની અંદરની બાજુને કાળા ચાર્ટ પેપર અથવા કાળા પડદા વડે ઢાંકીને.

12. તાવ આવે ત્યારે ધ્રુજારી શા માટે અનુભવો છો ?

13. જો તમને પરસેવો વળેલો હોય અને પવન ફૂંકાય તો તે તમને ઠંડો લાગે છે ? શા માટે ?

14. ગરમ દૂધની તપેલીને ઠંડું પાણી ભરેલા વાસણમાં મૂકીને ઠંડી કરવામાં અને તેના પર ફૂંક મારીને કે હલાવીને ઠંડી કરવામાં શો તફાવત રહેલો છે ?

15. 'ઓછા તાપમાનવાળો પદાર્થ તેનાથી વધારે તાપમાનવાળા પદાર્થમાં ઉષ્માનું પ્રસરણ ન કરી શકે.' – શું રેફ્રીજરેટર આપણે તારવેલા આ નિયમનું ઉલ્લંઘન કરે છે ? જો હા તો આપણે રેફ્રીજરેશનના ચક્રમાંથી કમ્પ્રેશરને દૂર કરી દઈએ તો શું થશે ?

16. તમે રેફ્રીજરેટરને ઓરડામાં બારણું ખોલીને મૂકો તો ઓરડો ઠંડો થાય ?

17. તમે કાણાવાળી વર્તુળાકાર ડિશને ગરમ કરો તો તેના કાણાંના વ્યાસમાં તમે કેવા ફેરફારની અપેક્ષા રાખો છો ? યાદ રાખજો કે ગરમ કરવાથી બે અણુઓની કોઈ જોડ વચ્ચે રહેલી જગ્યામાં વધારો થાય છે.

18. પાણીથી છલોછલ ભરેલો એક ગ્લાસ મોટી ચેમ્બરમાં મૂકેલો છે. ચેમ્બરમાં રહેલી હવાને (અચાનક) દૂર કરવામાં આવે છે. પાણીનું શું થશે તેનું વર્ણન કરો.

19. સમાન દળ ધરાવતા એક પ્લાસ્ટિકના અને એક ધાતુના નાના સળિયાને લાંબા સમય માટે રેફ્રિજરેટરમાં છોડી દેવામાં આવે છે. તેને બહાર કાઢીને તમને મુઠ્ઠીમાં પકડવા માટે આપવામાં આવે છે. કયો સળિયો વધારે ઠંડો લાગશે ? કયો સળિયો વધારે લાંબા સમય

માટે ઠંડો લાગશે ?

20. ગરમ ભેજવાળી હવા કરતાં ઠંડી-સૂકી હવામાં કપડાં શા માટે જલ્દી સૂકાય છે ?

21. ગતિઊર્જાના સિદ્ધાંતને આધારે ઉનાળામાં ટાયર ફાટવાની ઘટના સમજાવો.

22. તડકામાં બહાર નીકળતી વખતે તમે કેવા કપડાં પહેરવાનું સૂચવશો ? કાળાં કે સફેદ ? ટૂંકાં કપડાં કે આખું શરીર ઢંકાય તેવા ઢીલા કપડાં (જેમકે, કૂર્તો-પાયજામો અથવા સલવાર-કમીઝ) ? રણપ્રદેશમાં લોકો સામાન્ય રીતે સફેદ વસ્ત્રોથી આખું શરીર શા માટે ઢાંકે છે તે વાતનો ખુલાસો અહીં મળશે.

23. વણાટ વગરના, વોટરપ્રૂફ અને અવાહક પદાર્થમાંથી એક રેઈનકોટ બનાવેલ છે. શિયાળામાં ઠંડીથી રક્ષણ પૂરું પાડનાર કપડાં તરીકે તમે તેને કેટલા ગુણ આપશો ? અને પવનવાળા દિવસે ?

24. વરસાદવાળા દિવસે બરફથી ભરેલા એક સૂકા ગ્લાસને ઢાંકીને છોડી દેવામાં આવે છે. જેમ-જેમ બરફ પીગળે છે તેમ-તેમ ગ્લાસની બહાર સપાટી પર પાણી જમા થાય છે. આ પાણી ક્યાંથી આવે છે ?

25. પહાડોમાંથી ઝરતું પાણી સામાન્ય રીતે આસપાસના વાતાવરણ કરતાં વધારે ઠંડુ શા માટે હોય છે ?

26. ***ઉષ્માના સિદ્ધાંત***ને બદલે જો આપણે ***ઠંડીનો સિદ્ધાંત*** (theory of coldness) રચીએ તો એટલે કે ***પ્રસરિત ઉષ્મા*** (Q)ના બદલે પ્રસરિત ઠંડી (–Q)ની વાત કરીએ તો નિરપેક્ષ તાપમાન Tને કઈ રાશિ બદલી શકે ?

27. શા માટે કોઈપણ શુદ્ધ સંયોજનના M ગ્રામ (Mએ સંયોજનનું આણ્વિક દળ છે)માં હંમેશા એવોગેડ્રો આંક જેટલા અણુઓ રહેલા હોય છે ?

    Hint : એવોગેડ્રો આંક એ ગ્રામમાં પ્રોટોનના દળનું (અથવા હાઈડ્રોજનના આણ્વિક દળનું) વ્યસ્ત પ્રમાણ સૂચવે છે.

એકમો અંગેની નોંધ

તમામ ભૌતિક રાશિઓ માટે SI એકમોનો ઉપયોગ કરવાની ભલામણ કરવામાં આવે છે. આ મોડ્યુલમાં ઉષ્મા અને તાપમાન એ બે ભૌતિક રાશિઓ કેન્દ્રમાં રહેલ છે તેમજ અન્ય કેટલીક રાશિઓનો પણ ઉલ્લેખ કરવામાં આવ્યો છે. આ મોડ્યુલમાં જોવા મળતી રાશિઓના SI એકમ અને આ મોડ્યુલમાં ઉપયોગમાં લીધેલા એકમો કે વ્યવહારમાં અવારનવાર વપરાતા એકમો વચ્ચેનો સંબંધ જોઈશું.

- ઉષ્મા એ ઉર્જાનું સ્વરૂપ છે અને ઉર્જાનો SI એકમ જૂલ (J) છે. તેથી ઉષ્માનો (ઉષ્મા ઉર્જા) SI એકમ જૂલ છે.
- તાપમાનનો SI એકમ કેલ્વિન (Kelvin-K) છે.
- શરૂઆતમાં આપણે ઉષ્મા માટે કેલરી (વધારે ચોકસાઈથી કહીએ તો ઉષ્મારાસાયણિક કેલરી) એકમનો ઉપયોગ કર્યો હતો. એક કેલરી બરાબર 4.184 J થાય છે.
- એકમ દળ ધરાવતા પદાર્થના તાપમાનમાં એક ડીગ્રી સેલ્સિયસ (1°C) જેટલો વધારો કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માના જથ્થાને વિશિષ્ટ ઉષ્મા તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આથી વિશિષ્ટ ઉષ્માનો SI એકમ J/Kg/K થશે. સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાતા એકમ cal/g/°C બરાબર 4.184 × 10^{-3} J/kg/K થશે.
- આપણે ઉપયોગમાં લીધેલ હોય એવી અન્ય એક રાશિ એટલે ઉષ્મા પ્રસરણનો દર. તેનો એકમ જૂલ પ્રતિ સેકન્ડ છે. તેને એક વિશિષ્ટ નામ (Watt-W) આપવામાં આવેલ છે.
- એકમ લંબાઈ માટે તાપમાનના એકમ તફાવતદીઠ પ્રસરણ પામતી ઉષ્માના દરને વાહકતા (conductivity) તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. આથી તેનો SI એકમ w/m/k થશે. વ્યવહારમાં ઉપયોગમાં લેવાતા એકમો કેલરી અને સેમીના સંદર્ભમાં તેનો એકમ cal/S/cm/°C થશે અને તેના બરાબર 4.184 × 10^{-2} W/m/K થશે
- દબાણ એ એકમ ક્ષેત્રફળદીઠ લાગતું બળ છે અને તેનો SI એકમ પાસ્કલ (Pascal-Pa) અથવા ન્યૂટન/મિટર થશે. SI એકમ સિવાયના ઉપોયગમાં લેવાતા અન્ય એકમો બાર (1 bar = 10^5 Pa) અને ટૉર (1 ટૉર = 133.32 Pa) છે. પ્રમાણિત વાતાવરણીય દબાણ 1.013 x 10^5 Pa છે.

પોષણ કેલરી (Nutritional Calorie) એ ઉષ્માનો ગેરસમજ ધરાવતો એકમ છે. ઉદાહરણ તરીકે આપણે ઘણી વખત સાંભળીએ છીએ કે એક પુખ્ત વ્યક્તિને દૈનિક 2500 કેલરીની જરૂર પડે છે. શું આ આંકડો સાચો લાગે છે? આનો ઉત્તર મેળવવા માટે ચાલો આપણે ચાલવા જેવી દૈનિક પ્રવૃત્તિમાં વપરાતી ઊર્જાની ગણતરી કરીએ. ચાલવાની ઝડપ 5-6 Km/h અથવા 1.5 m/s છે. ચાલતી વખતે ગુરુત્વાકર્ષણની વિરુદ્ધ કાર્ય થતું હોય છે. અહીં બળ ઊભું લાગતું નથી. પરંતુ જમીનથી એક નાનકડો કોણ (ધારો કે 10°) બનાવીને લાગે છે. આથી લગભગ 60 kg વજન ધરાવતા વ્યક્તિ દ્વારા પગલું ભરતી વખતે લાગતું બળ અંદાજે 60 Kg x 9.8 m/s^2 x Sin(10^{o}) અથવા તો 80 N થશે. આથી ખર્ચ થયેલ પાવર 80 N x 1.5 m/s એટલે કે 120 W થશે. એક મિનિટ માટે ચાલવા દરમિયાન 7200 J અથવા 1700 કેલરીનો ખર્ચ થશે. ચોક્કસપણે 2500 કેલરી પોષણ તો ખૂબ ઓછું કહેવાય! આ દેખીતો વિરોધાભાસ એટલા માટે ઊભો થાય છે કે પોષણ કેલરી એ વાસ્તવમાં 1000 પ્રમાણિત (અથવા ઉષ્મા-રાસાયણિક) કેલરી (અથવા 4184 J) છે. Nutritional Caloriesમાં રહેલ કેપીટલ C ની તરફ ધ્યાન આપો જે તેને ઉષ્મા-રાસાયણિક (thermo-chemical) કેલરીથી અલગ પાડે છે.

અનુક્રમણિકા

ઋણ સ્વીકાર

આ મોડ્યુલની પ્રેરણા અને ઉદ્‌ગમબિંદુ એકલવ્યના અગાઉના પ્રકાશન **બાલ વૈજ્ઞાનિક**માં ઉષ્માને લગતાં પ્રકરણો છે. આ મોડ્યુલમાં ઉષ્મા અંગેના ગુણાત્મક વિચારોનો સમાવેશ કરીને ગતિ ઊર્જા તરફ આગળ વધવામાં આવેલ છે. આ દરમિયાન અમૂર્ત બાબતોના સ્તરને પણ યોગ્ય રીતે સંતુલિત કરવામાં આવ્યું હતું કે જેથી હાઈસ્કૂલ સ્તરના વિદ્યાર્થીઓ તેનું સરળતાથી ગ્રહણ કરી શકે. આ સાહસ દરમિયાન એકલવ્યના વિશાળ બૌદ્ધિક જૂથ તરફથી પૂરતું માર્ગદર્શન અને પ્રતિભાવ મેળવવામાં આવેલ હતાં. તેમાં વિજય એસ.વર્મા, અમિતાભ મુખર્જી, પ્રમોદકુમાર શ્રીવાસ્તવ, એન. પંચપોકસન, સ્વ.એમ.એમ.કપૂર, સુશીલ જોશી, કમલ મહેન્દ્રુ, પેટ્રિક દાસગુપ્તા અને આમોદ કારખાનીસનો સમાવેશ થયેલ હતો. એકલવ્યના ભૂતપૂર્વ અને વર્તમાન સભ્યો, રેવા યુનુસ, હિમાંશુ શ્રીવાસ્તવ અને ઉમા સુધીર દ્વારા પણ વિવિધ પ્રવૃત્તિઓ કરવામાં અને તેને પુનઃ વ્યાખ્યાયિત કરીને પાઠ્યના વિવિધ પરિમાણો પૂરા પાડવામાં આવેલ હતાં. મોડ્યુલના અંતિમ ચરણ દરમિયાન એલ.મિશ્રા અને આર. રંગરાજન દ્વારા વિવેચનાત્મક સૂચનો પૂરા પાડવામાં આવેલ હતા.

સંકલ્પનાઓ અને પ્રવૃત્તિઓની ગોઠવણીની ચકાસણી એકલવ્ય દ્વારા ઈન્દોર ખાતે ગોઠવવામાં આવેલ શિક્ષકોની બે તાલીમો દરમિયાન તેમજ પુનઃ ચકાસણી વિદ્યાભવન સોસાયટી દ્વારા ઉદયપુર ખાતે ગોઠવવામાં આવેલ વિદ્યાર્થીઓ સાથેની કાર્યશિબિર દરમિયાન કરવામાં આવેલ હતી. એક વખત મોડ્યુલનું આખું માળખું નક્કી થઈ ગયા બાદ તેને સંકલ્પનાત્મક સત્યતા અને સ્પષ્ટતા ચકાસવા માટે રમા ચારી અને ઊર્જિત યાજનિક તેને ફરી એક વખત જોઈ ગયા અને વિચારોની રજૂઆતમાં સુધારણા કરવા માટેના મૂલ્યવાન સૂચનો આપ્યા. મોટાભાગના ઉદાહરણો ભરત જામરા દ્વારા તેમજ કેટલાક ઉદાહરણો નિશિથ મહેતા અને બોસ્કી જૈન દ્વારા તૈયાર કરવામાં આવેલ હતા. એકલવ્યની પ્રકાશન ટીમ દ્વારા મોડ્યુલના દેખાવ, ગોઠવણી અને સંપાદકીય બાબતોની ઝીણવટભરી કાળજી લેવામાં આવી.

મોડ્યુલ અંગેના સૂચનો અને પ્રતિભાવો ઈ-મેઈલ દ્વારા આવકાર્ય છે.

arch.dharampur@gmail.com (for Gujarati translation)

bhas.bapat@gmail.com (Author)

books@eklavya.in (English book)

— ભાસ બાપટ

એકલવ્ય

એકલવ્ય એ એક બિન-સરકારી રજિસ્ટર્ડ સોસાયટી છે જે 1982થી શિક્ષણ ક્ષેત્રે અને લોકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં કાર્યરત છે. તેનો મુખ્ય હેતુ બાળકના વાતાવરણને સંબંધિત એવી શૈક્ષણિક પ્રથાઓ અને સામગ્રીને વિકસિત કરવાનો છે જે રમત, પ્રવૃત્તિઓ અને સર્જનાત્મક શિક્ષણ પર આધારિત હોય. પાછલાં કેટલાક વર્ષોમાં એકલવ્યએ પ્રકાશનને સમાવવા માટે તેના કાર્યક્ષેત્રને વિસ્તાર્યું છે. અમે ત્રણ સામયિક પ્રકાશિત કરીએ છીએ : 'ચકમક' એ બાળકો માટેનું એક માસિક વિજ્ઞાન સામયિક છે, 'સ્રોત' એ વિજ્ઞાન અને ટેકનોલોજીને લગતાં અવનવા સમાચાર આપતું સાપ્તાહિક સામયિક છે અને 'સંદર્ભ' એ શિક્ષકો માટે વિજ્ઞાન અને શિક્ષણ માટેનું દ્વિમાસિક સામયિક છે. શિક્ષણ, લોકપ્રિય વિજ્ઞાન અને બાળકો માટે રચનાત્મક પ્રવૃત્તિ થાય તેવા પુસ્તકોના શીર્ષકો ઉપરાંત અમે વિકાસના વિશાળ મુદ્દાઓના સંદર્ભ પુસ્તકો પણ પ્રકાશિત કરીએ છીએ.

અમને આ પુસ્તકની સામગ્રી અને ડિઝાઇન વિશે આપની ટિપ્પણીઓ અને સૂચનો જરૂરથી મોકલવા વિનંતી કે જેથી અમે અમારા ભાવિ પ્રકાશનોને વધુ રસપ્રદ, ઉપયોગી અને આકર્ષક બનાવી શકીએ.

સંપર્ક કરો : books@eklavya.in
Jamnalal Bajaj Parisar, Near Fortune Kasturi, Jatkhedi, Bhopal (MP) 462 026

આર્ચ

એક્શન રીસર્ચ ઈન કોમ્યુનીટી હેલ્થ એન્ડ ડેવલપમેન્ટ

છેલ્લા 38 વર્ષથી કામ કરતી આર્ચ સ્વૈચ્છિક સંસ્થા છે. લોકોને આવરી લેતી આરોગ્યની અને શિક્ષણની સમસ્યાઓને સમજી, તેમાં તબક્કાવાર સુધારા કરવા માટે નવી નવી રીતો, પદ્ધતિઓ તથા સાધનો આર્ચ વિકસાવી રહ્યું છે.

હોશંગાબાદ વિજ્ઞાન શિક્ષણ કાર્યક્રમ તથા અરવિંદ ગુપ્તા જેવા કર્મશીલોની પ્રવૃત્તિમાંથી પ્રેરણા લઈને વિજ્ઞાનના વિવિધ પાસાની અસરકારક સમજણ ખૂબ આનંદ સાથે મળે તે માટે પણ આર્ચ પ્રયત્નશીલ છે. ગુજરાતમાં અને ખાસ કરીને અંતરિયાળ ગામોના બાળકો-શિક્ષકો માટે આવી પદ્ધતિઓનો પ્રસાર તથા વ્યવસ્થિત લાંબા ગાળાના કાર્યક્રમો પણ આ અંતર્ગત કરવામાં આવે છે.

સાથે સાથે બાળકો-વિદ્યાર્થીઓ ગણિત કેવી રીતે શીખે છે, ભાષા કેવી રીતે શીખે છે તેના અધ્યયનો-અભ્યાસ કરીને તે મુજબના કાર્યક્રમો અને મોડ્યુલ પણ વિકસાવવામાં આવી રહ્યા છે.

સંપર્ક કરો : arch.dharampur@gmail.com
આર્ચ-નગારીયા, ધરમપુર, વલસાડ (ગુજ.) 396050

ઉચ્ચ પ્રાથમિક શાળા વિજ્ઞાન શૃંખલા

ઘણાં વર્ષોથી એકલવ્ય અને તેના શૈક્ષણિક રીસોર્સ ગૃપ ઉચ્ચ શાળા વિજ્ઞાનના અભ્યાસક્રમ વિશે વિચારણા કરી રહ્યું છે. હાલમાં ધોરણ-10 સુધી વિજ્ઞાનને એક સામાન્ય વિજ્ઞાન તરીકે જ શીખવવામાં આવે છે. તેમજ જે પુસ્તક અમલમાં લીધું છે તેનો મુખ્ય આશય વિદ્યાર્થીઓને ખુબ મોટી સંખ્યામાં જુદા જુદા મુદ્દાઓનું (ટોપીક) ઉપરછલ્લું જ્ઞાન આપવાનો છે. આથી અમને લાગે છે કે હોશંગાબાદ વિજ્ઞાન શિક્ષણ કાર્યક્રમની ફીલોસોફી અનુસાર શિક્ષકો એ વિદ્યાર્થીઓ માટે સંદર્ભ સામગ્રીની ખૂબ મોટી જરૂરીયાત છે. આ કાર્યક્રમ મધ્યપ્રદેશના કેટલાંક જિલ્લાની હજારેક શાળાઓમાં પાયાની શૈક્ષણિક પહેલ કરનારો બની રહ્યો હતો. એકલવ્યના સાથી મિત્રો વિજ્ઞાન શિક્ષક, વૈજ્ઞાનિકો, શિક્ષણશાસ્ત્રી અને બીજા જેમને શિક્ષણમાં રસ છે, તે બધાંના અગાધ પ્રયત્નોથી આ મોડ્યુલસની શ્રેણી તૈયાર થઈ છે. શાળાના અભ્યાસક્રમના વિષયોને આવરી લઈને તે વિષયોની બહોળી સમજણ આપી શકાય તે રીતે તેની રચના કરવામાં આવી છે.

एकलव्य

આર્ચ

સહયોગ રાશિ:150.00